





LEHRBUCH

DER

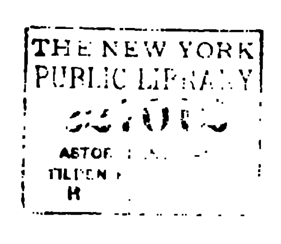
PROJEKTION

VON

DR. R. NEUHAUSS
IN GROSSLICHTERFELDE BEI BERLIN

MIT 66 ABBILDUNGEN

HALLE A. S.
VERLAG VON WILHELM KNAPP
1901


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

Vorwort.

Die Zahl der Bücher, welche die Projektion zum Gegenstande haben, ist nicht gering; aber kaum irgendwo macht sich der Mangel an Gründlichkeit und Sachkenntnis so bemerkbar, wie auf diesem Gebiete. Die meisten Anleitungen zum Projizieren sind lediglich Reklameschriften für einzelne Apparate oder für die Erzeugnisse einer bestimmten Firma. Noch niemals wurde der Versuch unternommen, das Gesamtgebiet der Projektion zu bearbeiten und das vorhandene Material kritisch zu sichten. Aus diesem Grunde finden wir die alten Irrtümer in jeder neu erscheinenden „Anleitung" von neuem aufgetischt.

Wenn Unterzeichneter den Versuch machte, einen Überblick über alles zu geben, was bisher über Projektionskunst veröffentlicht wurde, und sowohl rechnerisch wie experimentell zu prüfen, welche Apparate und Methoden die brauchbarsten Resultate liefern, so war er sich wohl bewusst, dass hier eine ungemein schwierige Aufgabe vorliegt, deren zufriedenstellende Lösung vielleicht erst ermöglicht wird, wenn man umfassende Vorarbeiten dieser Art ausnutzen kann.

Was die Formeln und Berechnungen anbelangt, welche in einem Buche, wie dem vorliegenden, unerlässlich sind, so beschränkte Verfasser sich auf das Notwendigste und gab, wenn irgend möglich, nur solche Formeln, die auch jedem verständlich sind, der eingehende mathematische Kenntnisse nicht besitzt.

Der erste Abschnitt behandelt die einzelnen Teile des Projektionsapparates und die Wechselbeziehungen zwischen diesen Teilen. Im zweiten Abschnitte werden die besonderen Zwecken dienenden Apparate und Methoden besprochen (stereoskopische Projektion; Projektion von Bildern, die nach den verschiedenen Farbenverfahren hergestellt sind; Projektion von Reihenbildern, von mikroskopischen Präparaten u. s. w.). Manches aus diesem Abschnitte ist überhaupt noch nirgends veröffentlicht; anderes, wie z. B. das Material über stereoskopische Projektion, musste aus den entlegensten Winkeln zusammengetragen werden.



Vorwort.

Die Zahl der Bücher, welche [illegible]
ist nicht gering, aber kaum [illegible]
und Sachkenntnis zu [illegible]
leitungen zum Projizieren [illegible]
oder für die Erzeugnisse [illegible]
Versuch unternommen, [illegible]
das vorhandene Material [illegible]
die alten Irrtümer in [illegible]
getischt.

Wenn Unterzeichneter [illegible]
zu geben, was bisher über [illegible]
rechnerisch wie experimentell [illegible]
brauchbarsten Resultate liefern, [illegible]
ungemein schwierige Aufgabe [illegible]
leicht erst ermöglicht wird, [illegible]
ausnutzen kann.

Was die Formeln [illegible]
wie dem vorliegenden [illegible]
das Notwendigste [illegible]
auch jedem [illegible]
nicht besitzt.

Der erste [illegible]
und die Wechsel[illegible]
werden die [illegible] von
(stereoskopische [illegible] der
Farben[illegible] Wechsel-
skopischen [illegible]
[illegible] chen
[illegible] des Projektions-
[illegible] Brenn-

Der dritte Abschnitt enthält allgemeine, bei der Projektion zu befolgende Regeln.

Für die freundliche Unterstützung, welche sie dem Werke angedeihen liessen, ist Unterzeichneter zu besonderem Danke verpflichtet Herrn Professor Dr. Kriegar-Menzel, Privatdozent der Physik an der Universität zu Berlin, und den wissenschaftlichen Mitarbeitern der Firma Karl Zeiss in Jena. Ohne die Beihilfe genannter Herren bei Beantwortung verschiedener, wichtiger Fragen würden die Erörterungen in vorliegendem Buche nicht auf der sicheren Grundlage stehen, auf der sie nunmehr aufgebaut sind.

Grosslichterfelde bei Berlin,
August 1901.

Dr. R. Neuhauss.

Inhalt.

I. Teil.

Der Projektionsapparat mit Zubehör.

III. Teil.

Allgemeine Regeln.

I. Teil.

Der Projektionsapparat mit Zubehör.

Geschichte.

Erfinder des Projektionsapparates — oder wie man auch sagt der Laterna magica oder des Sciopticons — ist der 1601 zu Geisa bei Fulda geborene, gelehrte Jesuitenpater Athanasius Kircher. Sein Werk „Ars magna lucis et umbrae", welches 1646 in Rom und als zweite Auflage 1671 in Amsterdam erschien, giebt in der zweiten Auflage eine Beschreibung dieser Erfindung: Im Innern eines Blechkastens ist eine Öllampe und hinter derselben, zur Verstärkung des Lichtes, ein Hohlspiegel angebracht; das auf Glas gemalte Bild befindet sich zwischen zwei verstellbaren konvexen Glaslinsen, von denen die eine als Beleuchtungslinse, die andere als Projektionsobjektiv dient. Eine derartige, von Kircher herrührende Laterna magica wird im Museo Kircheriano im Collegio Romano zu Rom aufbewahrt.

Dechales[1]) berichtet, dass ihm schon 1665, also sechs Jahre vor dem Erscheinen der zweiten Auflage des Kircherschen Werkes, ein Däne eine mit zwei Konvexgläsern versehene Laterna magica gezeigt habe. Wir sind jedoch nicht berechtigt, auf Grund dieser Angabe dem als Mathematiker und Physiker hochberühmten Kircher die Priorität der Erfindung abzusprechen; denn Georgius de Sepibus[2]) sagt 1678 in einer Beschreibung des Kircherschen Museums, dass Kircher schon lange vor der 1671 erfolgten gedruckten Beschreibung seine Laterna magica demonstriert habe und dass infolgedessen verschiedene Betrüger auftraten, welche die Erfindung dieses Apparates sich selbst zuschrieben.

In seiner oben erwähnten „Ars magna" berichtet Kircher fernerhin, dass der dänische Physiker Thomas Walgenstein die Laterna magica verbessert und mehrere Exemplare davon an italienische Fürstenhöfe verkauft habe. Erst hierdurch sei der Apparat weiteren Kreisen bekannt geworden.

In den folgenden 100 Jahren blieb die Laterna magica im wesentlichen eine Spielerei und wurde weder erheblich verbessert noch zu ernsten Zwecken verwendet. Erst der in der zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts wirkende Physiker Leonhard Euler machte ernsthafte Versuche, den Apparat zu wissenschaftlichen Demonstrationen zu benutzen. Am Ende des achtzehnten

---

[1]) Mundus mathem. Bd. 3 S. 693.

[2]) Romani collegii societatis Jesu Museum celeberrimum. Amstelodami 1678.

Jahrhunderts veranstaltete Robertson zu Paris im Pavillon de l'Échiquier und im Kloster der Kapuziner am Vendômeplatz mit Hilfe der Laterna magica Vorstellungen von Geistererscheinungen und ähnlichen Dingen, welche auf die grosse Menge gewaltige Anziehungskraft ausübten.[1]) Robertson verbesserte die Lampe und die Linsen.

Childe in London führte Anfang des 19. Jahrhunderts die Doppelapparate ein; er ist also der Vater der Nebelbilderapparate.[2])

Erst die ausserordentlichen Verbesserungen der Lichtquellen: die Einführung des Kalklichtes und des elektrischen Bogenlichtes, vor allem aber die Fortschritte auf dem Gebiete der Photographie, machten aus der unscheinbaren Laterna magica den jetzt tief in das wissenschaftliche und gesellschaftliche Leben eingreifenden Projektionsapparat. Dancer in Manchester war der erste, der photographisch hergestellte Glasbilder in der Laterne benutzte.

Das Gehäuse.

Indem wir zur Besprechung der einzelnen Teile des Projektionsapparates übergehen, wollen wir uns zunächst dem Gehäuse zuwenden, welches die Lichtquelle umschliesst und gleichzeitig die Sammellinsen, den Bildhalter, das Projektionsobjektiv u. s. w. trägt.

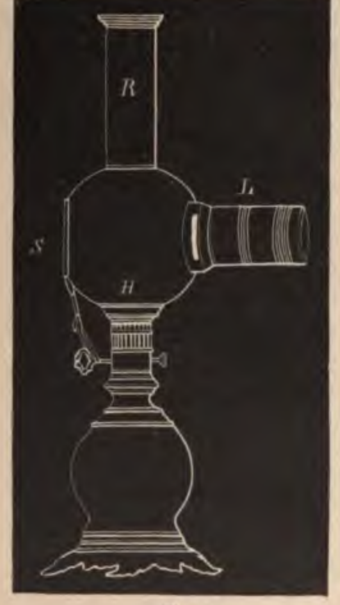


Fig. 1.

Die einfachste Form des Projektionsapparates finden wir in Fig. 1 dargestellt: Auf eine Öllampe wird statt der Glasglocke eine aus geschwärztem Blech gefertigte Kugel *H* mit Blechcylinder *R* aufgesetzt, welche an einer Seite einen Hohlspiegel *S*, an der gegenüberliegenden ein Linsensystem *L* trägt. Apparate dieser Art gehören der Vergangenheit an oder fristen als Kinderspielzeug ein mehr als bescheidenes Dasein.

Die Figuren 2 und 3 veranschaulichen die gegenwärtig gangbarsten Formen der Projektionsapparate. Bei Fig. 2 ist der Schornstein abgenommen und neben den Apparat gestellt. Es würde einen dicken Band füllen, wollten wir all die verschiedenen Abarten der Gehäuse, für welche die wunderbarsten Namen erfunden sind, im Bilde vorführen.

Bei den verschiedenen Namen und Konstruktionen kommt es im wesentlichen immer auf dieselbe Sache hinaus. Fig. 2 ist derjenige Typus, wie er

[1]) Ami des lois. Paris 1796—1800. Robertson. Mémoires récréatifs, scientifiques et anecdotiques. Paris 1831.

[2]) Laterna magica 1899, Nr. 57, S. 6.

sich für Reisen eignet, wo es auf möglichste Raumbeschränkung ankommt, während das in Fig. 3 dargestellte Modell bei feststehenden Apparaten bevorzugt wird.

Das Gehäuse sei aus starkem Metallblech gefertigt; nur der Boden darf, um dem Ganzen grössere Festigkeit zu verleihen, ohne das Gewicht allzusehr



Fig. 2.

zu erhöhen, aus einem Holzbrett, welches mit Eisenblech überzogen ist, bestehen. Da sowohl bei Benutzung von Kalklicht wie von elektrischem Bogenlicht häufig glühende Partikelchen von dem Leuchtkörper abspringen und zu Boden fallen, ist ein Blechüberzug über dem Holz nötig. Das Innere der Seitenwände des Kastens wird mit Asbestpappe bekleidet, um allzustarker Erhitzung der Wände vorzubeugen. Seltsamerweise werden noch heutigentags zahlreiche an den Seitenwänden aus Holz gefertigte Projektionsapparate in den Handel gebracht. Wenn man auch inwendig das Holz mit Blech und Asbest überzieht, so reichen diese Schutzvorrichtungen — wenigstens bei Benutzung von Kalklicht und elektrischem Bogenlicht — doch nicht aus, um einer gefährlichen Erhitzung des Holzes vorzubeugen. Selbst wenn diese Holzkästen durch Anwendung äusserster Vorsicht der Gefahr des Verbrennens entgehen, so verrät doch ihr nach kurzem Gebrauche trübseliges Äussere, dass poliertes Holz das ungeeignetste Material für den Bau von Projektionsgehäusen ist. Dagegen darf der vor dem eigentlichen Gehäuse befindliche Vorbau, welcher die Verbindung der Beleuchtungslinsen mit dem Projektionsobjektiv herstellt, Holzteile enthalten, weil hier erhebliche Erwärmung nicht mehr stattfindet.

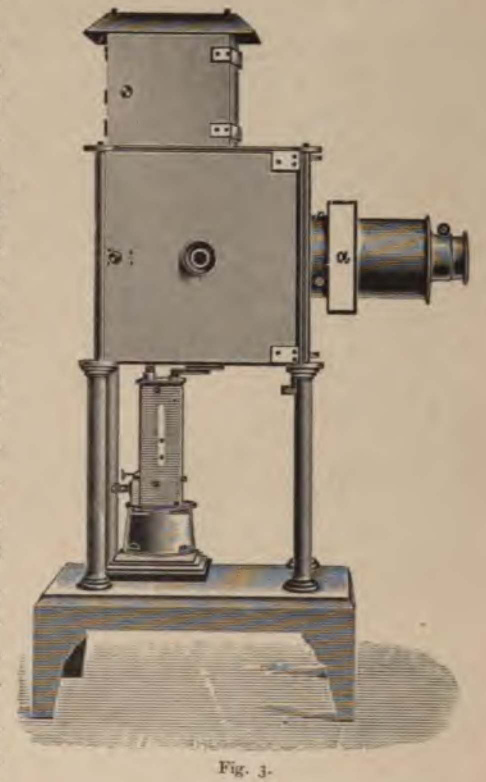


Fig. 3.

Ebenso hat das Grundbrett des Gehäuses weniger durch Erhitzung zu leiden als die Seitenwände.

Viel gesündigt beim Bau von Projektionsapparaten wird darin, dass man das für die Aufnahme der Lampe bestimmte Gehäuse zu klein macht. Infolgedessen tritt beim Projizieren bald so furchtbare Erhitzung des Gehäuses ein, dass die Beleuchtungslinsen springen und der den Apparat Bedienende kaum eine Projektion übersteht, ohne einige Brandblasen an den Fingern davonzutragen. Ist Beschränkung des Raumes wenigstens bei Apparaten, die viel transportiert werden, wünschenswert, so dürfen doch gewisse Grenzen nicht überschritten werden. Bei Apparaten, die auch für Kalklicht und elektrisches Bogenlicht verwendet werden, ist es zweckmässig, dass der innere Raum des Gehäuses mindestens folgende Ausmessungen hat: Länge 30 cm, Breite 20 cm, Höhe 25 cm.

Um Überhitzung zu vermeiden und einem Springen der Linsen vorzubeugen, ist für ausreichende Ventilation des Gehäuses Sorge zu tragen (Fig. 2). Hierzu gehört in erster Linie eine genügend grosse Öffnung an der Decke des Gehäuses. Bei Benutzung von Petroleumlicht muss ein hoher, mit Regulierung des Luftzuges versehener Schornstein aufgesetzt werden, weil sonst die Lampe nicht mit bester Helligkeit brennt. Verwendet man Kalklicht oder elektrisches Bogenlicht, so genügt ein kurzer Schornstein. Stets ist dafür zu sorgen, dass durch die Ventilationsöffnungen kein Licht nach aussen gelangt. Die in Fig. 2 sichtbaren, seitlich angebrachten Öffnungen sind daher durch ein im Innern des Gehäuses vorgenietetes Blech derart zu überdecken, dass zwar die Luft frei zirkulieren, das Licht jedoch nicht nach aussen fallen kann. Sehr wichtig bleibt, dass auch im Boden des Gehäuses einige Löcher angebracht sind, damit die Luft von unten nach oben streichen kann. Insbesondere müssen am vorderen Teile des Gehäuses, dort wo die Beleuchtungslinsen eingesetzt sind, einige Löcher im Boden sich befinden, damit ein kühler Luftstrom vor den Glaslinsen vorüberzieht. Soll der Apparat für elektrisches Bogenlicht verwendet werden, wo die Wärmeentwickelung ausserordentlich gross ist, so zerlegt man das Gehäuse in zwei getrennte Kammern: eine grosse, annähernd quadratische, in der sich die Lampe befindet, und eine nur 2--3 cm breite, die lediglich einen Schutzraum für die Beleuchtungslinsen bildet. Im Durchschnitt hat dann das Gehäuse mit den Beleuchtungslinsen *a* die durch Fig. 4 veranschaulichte Form. Die Scheidewand *S* besteht aus Blech und Asbestpappe; sie besitzt in der Mitte einen Ausschnitt, der mit einem Glimmerblatt oder einer Scheibe aus Hartglas *G* verschlossen wird. Dieser Ausschnitt muss so gross gewählt werden, dass die von der Lichtquelle *L* ausgehenden Strahlen frei bis zum Rande der Beleuchtungslinsen *a* gelangen können. Die Einschaltung einer durchsichtigen, feuerfesten Scheibe *G* zwischen Lichtquelle und Beleuchtungslinsen ist unter allen Umständen notwendig, wenn man mit Kalklicht oder elektrischem Bogen-

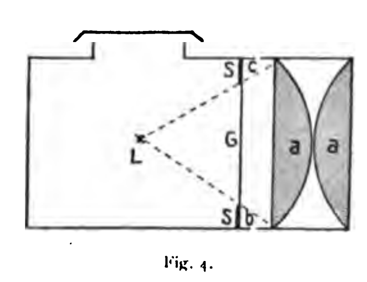


Fig. 4.

licht arbeitet. Wir kommen hierauf bei Besprechung dieser beiden Lichtquellen zurück. Nichts ist also näherliegend, als dass man die Fassung dieser Scheibe dazu benutzt, einen völlig getrennten kleinen Schutzraum, in dem durch Öffnungen *b, c* im Boden und in der Decke für besonders reichliche Luftzirkulation gesorgt ist, von dem Hauptraum des Gehäuses abzusondern. Durch die trennende Wand (*S G S*, Fig. 4) wird nur ein kleiner Bruchteil der Wärmestrahlen zurückgehalten; die Hauptwirkung dieser Schutzwand besteht darin, dass sie der glühend heissen Luft den Zutritt zu den Beleuchtungslinsen verwehrt. Wir sahen noch bei keinem der im Handel befindlichen Apparate diese Teilung des Gehäuses, welche dem unliebsamen Springen der Beleuchtungslinsen am wirksamsten vorbeugt, durchgeführt. Alle möglichen „Verbesserungen", die sich häufig genug als Verschlechterungen erweisen, werden angebracht, aber das Notwendigste wird übersehen.

Ob man eine Hartglasplatte oder Glimmerplatte bevorzugen soll, lässt sich nicht ohne weiteres entscheiden; beides hat Vorzüge und Nachteile. Die Glimmerplatte kann niemals springen, sie ist jedoch leicht verletzbar und absorbiert infolge ihrer gelbbräunlichen Farbe viel Licht. Überdies ist die Oberfläche wellig; daher liegen auch in Bezug auf den Strahlengang die Verhältnisse ungünstig. Die Hartglasscheibe ist planparallel und durchsichtiger als Glimmer; gelegentlich springt sie jedoch und zwar nicht wie eine gewöhnliche Glasplatte, sondern explosionsartig in kleine Stücke zersplitternd. Wenn hierdurch auch die Kondensoren niemals gefährdet werden, so ist das Umherfliegen der Glassplitter doch unangenehm. Gute Hartglasplatten können jahrelang halten.

Die Hauptthür des Gehäuses befindet sich an der Hinterseite. Das ist der bequemste Zugang zur Lichtquelle, und es gelangt verhältnismässig am wenigsten störendes Licht in den Saal, wenn, wie dies häufig während der Projektion vorkommt, die Thür geöffnet werden muss, um den Brenner in Ordnung zu bringen. Bequem ist es, wenn das Gehäuse auch noch an jeder Seite eine kleine Thür besitzt, um auch von der Seite zum Brenner gelangen zu können (Fig. 2), doch darf bei Reiseapparaten durch diese Nebenthüren nicht die Festigkeit des Gehäuses beeinträchtigt werden. Unerlässlich nötig ist es, dass sich wenigstens in der Mitte der einen Seitenwand (am besten in beiden) ein kleines mit Rauchglas oder mit dunkelblauem Glase verschlossenes und ausserdem mit einer undurchsichtigen Klappe zu bedeckendes Loch befindet (Fig. 2 und 3), welches den Einblick in das Innere des Gehäuses zur Lichtquelle gestattet, ohne dass man eine Thür zu öffnen braucht. Insbesondere bei Benutzung von elektrischem Bogenlicht ist man häufig genötigt, einen Blick auf den Flammenbogen zu werfen. Das Glas, welches das Fensterchen verschliesst, muss so dunkel wie irgend möglich sein, weil sonst das Auge geblendet wird und von der Form der Kohlenspitzen, auf die es ankommt, nichts erkennt.

Häufig ist die hintere Hauptthür von mehr oder minder grossen Öffnungen durchbrochen, durch welche die Handhaben der Regulierschrauben für Petroleum-, Kalk- und Bogenlicht nach aussen gelangen. Diese Öffnungen lassen

immer viel störendes Licht nach aussen treten. In solchen Fällen befestige man an der Oberseite der Thür einen schwarzen Vorhang aus Stoff oder dünnem Leder, welcher das austretende Licht abfängt, ohne der Hand den Zugang zu den Regulierschrauben zu erschweren. Im allgemeinen achte man darauf, alles aus dem Apparate austretende Nebenlicht unschädlich zu machen. Nichts ist bei der Projektion störender als einige vom Apparate kommende, im Saale sich verbreitende Lichtbündel, welche den Zuschauer blenden.

Kommt es, wie bei Reiseapparaten, auf Raumbeschränkung an, so kann das Metallrohr, welches das Objektiv trägt (zumal wenn man langbrennweitige Objektive benutzt), durch seinen Umfang recht lästig werden. In diesem Falle ist es angebracht, ein Gehäuse zu verwenden, wie es Fig. 5 darstellt: Das Wesentliche hierbei ist, dass sich das Brett *a*, welches das Projektionsobjektiv *P* trägt, in das Grundbrett *b* des eigentlichen Gehäuses hineinschieben lässt. Beim Hineinschieben von *a* in *b* legt sich der Lederbalg *B* zusammen. Schraubt man dann das Objektiv *P* von dem Stirnbrett *c* ab und verpackt es innerhalb des Gehäuses, so kann der ganze Apparat in einem verhältnismässig kleinen Koffer untergebracht werden.

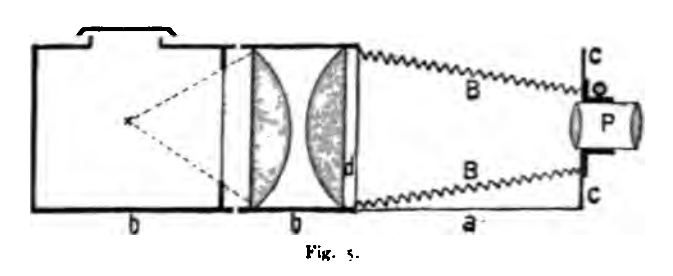


Fig. 5.

Dass bei Apparaten mit grossen Kondensoren die zum Einstecken der Schieberahmen bestimmte Bildbühne (*a* in Fig. 3; *d* in Fig. 5) verschiebbar eingerichtet sein muss (s. Fig. 44), damit man mit demselben Apparat ohne Lichtverluste grosse und kleine Bilder projizieren kann, davon werden wir in dem Abschnitte über das Glasbild sprechen.

Wir brauchen nicht zu erwähnen, dass man sich einen Projektionsapparat auch aus einem Gehäuse, wie es in Fig. 4 dargestellt ist, in Verbindung mit einer gewöhnlichen photographischen Kamera inprovisieren kann: Die Kamera wird mit der Kassettenseite unmittelbar an die Beleuchtungslinsen (*a* in Fig. 4) herangeschoben; die Mattscheibe ist abzunehmen und an ihrer Stelle wird ein Rahmen eingesetzt, in welchen der Bildschieber hineinpasst.

Ob das Gehäuse aussen lackiert, poliert, vernickelt oder sonstwie ausgestattet ist, bleibt an sich gleichgültig und spielt nur für den Geldbeutel des Käufers eine Rolle.

Die Beleuchtungslinsen.

Für die an der vorderen Wand des Gehäuses angebrachten Beleuchtungslinsen (*a* in Fig. 4) gebraucht man auch die Bezeichnungen Kondensator, Kondensor, Kondenser. Teils die leidige Sucht, gute deutsche Worte durch Fremdworte zu ersetzen, teils das natürliche Bestreben, langatmige Bezeichnungen durch kurze

zu verdrängen, gab den letztgenannten Fremdworten weite Verbreitung. „Kondensator“ (d. h. Verdichter der Strahlen) ist die dem Lateinischen entlehnte Übersetzung von „Beleuchtungslinsen“. Auch dieses Wort behagt wegen seiner Länge dem Volksmunde nicht und man hat es durch Streichung von zwei Buchstaben auf „Kondensor“ zusammenschrumpfen lassen. Vor nicht langer Zeit wurde viel Tinte vergossen, um haarscharf zu beweisen, dass die Bezeichnung „Kondensor“ Unsinn sei und dass man dafür „Kondenser“ zu schreiben habe — weil das Wort „Kondenser“ in England gebräuchlich ist. Lassen wir den Engländern und denjenigen Deutschen, die vor England kriechen, ihren „Kondenser“ und schreiben wir nach wie vor „Kondensor“, weil dies Wort durch vieljährigen Gebrauch sich bei uns Bürgerrecht erwarb.

Die Notwendigkeit, Beleuchtungslinsen zwischen Lichtquelle und Glasbild (Diapositiv) einzuschieben, ergiebt sich aus folgender Betrachtung: L (Fig. 6) sei die Lichtquelle, D das Glasbild, P das Projektionsobjektiv. Die von der Lichtquelle ausgehenden Strahlen treffen, so weit sie innerhalb des Winkels $a\,L\,b$ liegen, das Glasbild; aber nur die von dem Winkel $x\,L\,y$ eingeschlossenen Strahlen treffen das Objektiv. Die Folge davon ist, dass auf dem Projektionsschirm nur der zwischen x und y liegende Bildabschnitt hell erscheint, während die Abschnitte ax und by dunkel bleiben. Jedoch nicht einmal der Bildabschnitt xy erscheint auf dem Schirm gleichmässig hell; vielmehr erblickt man in dem scharfen Bilde ein unscharfes Abbild der Lichtquelle L. Es sei schon hier darauf hingewiesen, worauf wir später zurückkommen, dass auch die Bildabschnitte ax und by auf dem Schirm nicht völlig dunkel bleiben. Die auf ax und by fallenden Lichtstrahlen machen nämlich das Glasbild an diesen Stellen selbstleuchtend; infolgedessen gelangen von hier Strahlen zum Projektionsobjektiv P und werden von demselben auf den Projektionsschirm weiter geleitet. Stets bleibt jedoch die Helligkeit dieser Bildabschnitte hinter der Helligkeit des Abschnittes xy ausserordentlich weit zurück.

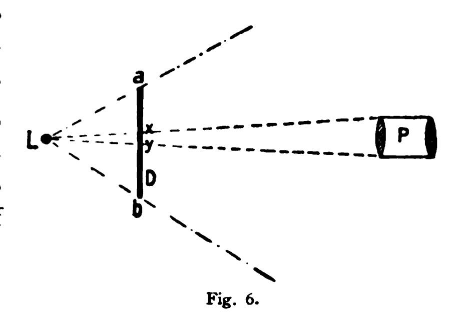


Fig. 6.

Durch Einschaltung einer Beleuchtungslinse ist man im stande, das Glasbild gleichmässig zu erleuchten. L (Fig. 7) sei die punktförmige Lichtquelle, die im Brennpunkte der Beleuchtungslinse A steht. Sämtliche Strahlen verlassen also die Beleuchtungslinse parallel, und das Glasbild D ist in seiner ganzen Ausdehnung gleichmässig beleuchtet. Gleichwohl wäre bei dieser Anordnung für das Projektionsbild nicht viel gewonnen, denn zum Projektionsobjektiv gelangen nur die Strahlen, welche zwischen c und d liegen. Geht man jedoch mit der Lichtquelle L (Fig. 8) so weit zurück, dass ihr Abstand von der Beleuchtungslinse A gleich der doppelten Brenn-

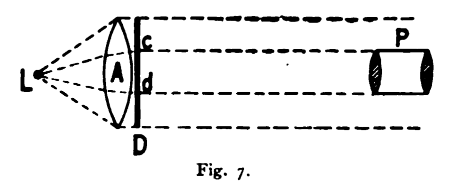


Fig. 7.

weite[1]) der letzteren ist, so vereinigen sich die Strahlen in einem Punkte *o*, welcher genau so weit hinter der Beleuchtungslinse liegt, wie die Lichtquelle vor der Beleuchtungslinse steht. Wird nun das Projektionsobjektiv hier aufgestellt, so werden alle Strahlen, die nach ihrem Austritte aus der Linse *A* das Glasbild *D* passieren, von dem Projektionsobjektiv aufgenommen und auf den weissen Schirm weiter befördert. Die Folge davon ist, dass das projizierte Bild in seiner ganzen Ausdehnung gleichmässig hell erscheint.

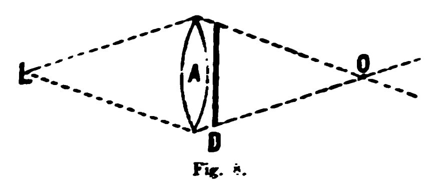


Fig. 8.

Gründe, welche sich aus der kugelförmigen Gestalt der Linsenoberflächen ergeben, machen es wünschenswert, die Beleuchtungslinse nicht in der Form anzuwenden, wie sie in Fig. 7 und 8 dargestellt ist, sondern dieselbe mitten durchzuschneiden, so dass aus einer bikonvexen zwei plankonvexe Linsen entstehen. Letztere werden so aufgestellt, wie es Fig. 9 veranschaulicht, d. h. von den beiden ebenen Flächen ist die eine der Lichtquelle, die andere dem Projektionsobjektiv zugekehrt. Bei dieser Anordnung sind die aus der kugelförmigen Gestalt der Linsenoberfläche sich ergebenden Fehler am geringsten und das von der Lichtquelle kommende Licht wird infolgedessen am besten ausgenutzt. Der Gedanke liegt nahe, um die Ausnutzung des Lichtes auf den höchsten Grad zu steigern, Beleuchtungslinsen zu verwenden, die — wie unsere photographischen Objektive — sphärisch und chromatisch korrigiert sind. Die dadurch gewonnenen Vorteile würden aber nicht annähernd im richtigen Verhältnisse zu dem ausserordentlich gesteigerten Preise der Linsen stehen. Ferner kann man, was sehr wichtig ist, einem achromatischen Kondensor keine im Verhältnis zu seiner Öffnung so kurze Brennweite geben, wie einem nicht achromatischen.

[1]) Die Brennweite der Beleuchtungssysteme (mögen dieselben aus einer, zwei oder drei Linsen bestehen) wird folgendermaassen bestimmt: Durch ein Blatt Kartonpapier sticht man mit einer Nadel zwei Löcher im Abstande von ungefähr 4 cm. Alsdann befestigt man das Kartonpapier in möglichster Nähe einer Flamme (Auer- oder Petroleumlicht) derart, dass beide Löcher hell erleuchtet sind. Nun richtet man nach Abnahme des Projektionsobjektivs und des Bildhalters den Projektionsapparat derart auf das Kartonpapier, dass sich die beiden Löcher auf einer im Innern des Projektionsapparates senkrecht aufgestellten Mattscheibe als leuchtende Punkte abbilden. Durch Verschieben des Projektionsapparates und der Mattscheibe muss man nun zu erreichen suchen, dass die leuchtenden Punkte auf der Mattscheibe genau den gleichen gegenseitigen Abstand haben, wie auf dem Kartonpapier. Sobald dies erreicht ist, misst man den Abstand der Mattscheibe vom Kartonpapier. Diesen Abstand durch 4 dividiert ergiebt die Brennweite des Beleuchtungssystems. Die nicht korrigierten Beleuchtungslinsen haben keinen scharf ausgeprägten Brennpunkt. Man erhält daher für die Brennweiten stets nur Annäherungswerte, die für unsere Zwecke vollständig ausreichen.

Will man die Brennweiten der später zu besprechenden Projektionsobjektive bestimmen, so genügt es, da kleine Unterschiede belanglos sind, das zu prüfende Objektiv an einer photographischen Kamera zu befestigen und auf einen sehr fernen Gegenstand scharf einzustellen. Der Abstand der Blendenebene des Objektivs von der Mattscheibe ist dann ungefähr gleich der Brennweite. Auf den meisten Objektiven ist die Brennweite angegeben.

Durch Teilung der Beleuchtungslinse und die soeben beschriebene Aufstellung der beiden Hälften wird an der Gesamtbrennweite nichts geändert. Jede plankonvexe Hälfte hat die doppelte Brennweite der ursprünglichen bikonvexen Linse. Steht nun die Lichtquelle im Brennpunkte der hinteren,[1]) plankonvexen Linse *a* (Fig. 9), so treten die Strahlen parallel aus *a* aus und treffen achsenparallel auf die plankonvexe Linse *b*; infolgedessen vereinigen sie sich wieder im Brennpunkte der Linse *b*, also in einem Abstande von dem Linsensystem (*a*, *b*), welcher der doppelten Brennweite dieses Systems ungefähr entspricht. Das Bild der Lichtquelle liegt genau so weit hinter dem Linsensystem, wie die Lichtquelle vor dem Linsensystem steht. Auch jetzt wird das Glasbild *D* in seiner ganzen Ausdehnung gleichmässig hell beleuchtet, und die vom Projektionsobjektiv weiter beförderten Strahlen liefern auf dem weissen Schirm ein gleichmässig helles Bild.

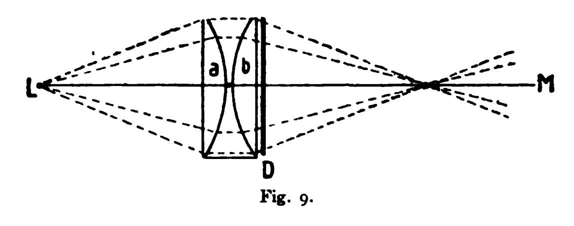


Fig. 9.

Welche Stellung der Lichtquelle ist nun die günstigste in Bezug auf beste Ausnutzung des von ihr gelieferten Lichtes?

Notwendig bleibt, dass die Lichtquelle genau auf der Achse (*LM* in Fig. 9) liegt, welche durch die Mitte der Beleuchtungslinsen, des Diapositivs und des Projektionsobjektivs geht. Anderenfalls würde man ungleiche Helligkeit auf dem Projektionsschirm, von der wir später sprechen wollen, erhalten.

La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf (Fig. 10) seien einige der von der Lichtquelle *L* ausgesendeten Strahlen. Die Beleuchtungslinse *x* nimmt die Strahlen auf, welche von dem Winkel *cLd* eingeschlossen werden; die der Lichtquelle näher befindliche, gleich gestaltete Beleuchtungslinse *y* fasst dagegen viel mehr Strahlen — nämlich sämtliche, welche von dem Winkel *bLe* eingeschlossen werden. Im allgemeinen gilt also der Satz, dass um so mehr Strahlen von der Beleuchtungslinse aufgenommen werden, je näher man die Lichtquelle an dieselbe heranrückt. Leider wird der Möglichkeit grösster Annäherung eine Schranke gesetzt durch die dabei auftretende Erhitzung und damit verbundene Gefahr des Springens der Linse. Noch ein anderer Grund lässt es als nicht zweckmässig erscheinen, die Lichtquelle über ein gewisses Maass hinaus der Beleuchtungslinse zu nähern: Nur wenn die Lichtquelle im Brennpunkte der Linse *a* (Fig. 9) aufgestellt ist, treten die Strahlen achsenparallel aus dieser Linse aus und gelangen insgesamt zur Linse *b*. Bringt man die Lichtquelle näher an *a* (Fig. 11) heran, so treten die Strahlen nicht mehr achsenparallel aus *a* aus, ein Teil derselben geht in

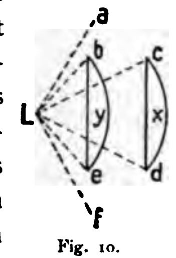


Fig. 10.

[1]) Wenn wir bei Kondensoren und Projektionsobjektiven von „hinterer" und „vorderer" Linse sprechen, ist mit der hinteren stets die der Lichtquelle, mit der vorderen die dem weissen Schirm zugewendete Linse gemeint. Der Optiker bezeichnet diese Linsen umgekehrt, d. h. im Sinne der Lichtbewegung; dann ist also z. B. die dem weissen Schirm zugekehrte Objektivlinse die hintere.

die Fassung und wird von der Linse *b* nicht aufgenommen.[1] Abgesehen davon, dass hier also weniger Strahlen, als die Linse *a* aufnimmt, in das Projektionsbild übergeführt werden, entstehen durch die Strahlen *L d*, *L e*, *L f*, *L g* Reflexe an der Kondensorfassung, welche sich nur durch sorgfältiges Schwärzen dieser Fassung beseitigen lassen. Durch die geschilderten Verhältnisse werden die Vorteile, welche grössere Annäherung der Lichtquelle an *a* bringt, zum Teil wieder aufgehoben.

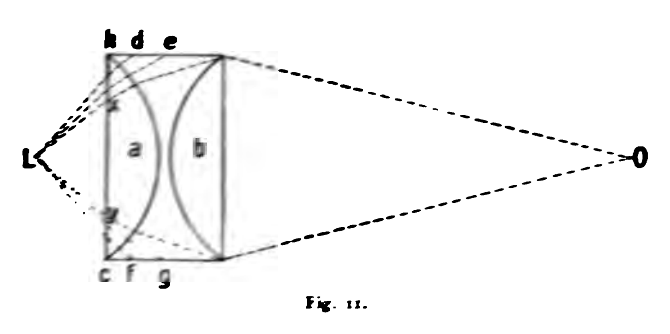


Fig. 11.

Rückt man die Lichtquelle weit von der Linse *a* zurück, so werden die Lichtverhältnisse nicht nur dadurch ungünstig, dass der Winkel, welchen die von der Linse *a* aufgenommenen Strahlen einschliessen, sehr klein wird; es konvergieren dann die Strahlen auch schon innerhalb des Kondensors, und das nahe am Kondensor aufgestellte Glasbild wird nicht mehr bis zum Rande gleichmässig beleuchtet. Ist z. B. in Fig. 11 *o* die Lichtquelle, so würde nur derjenige Teil des vor *a* aufgestellten Diapositivs hell beleuchtet sein, der sich zwischen *x* und *y* befindet.

Wir halten demnach daran fest, dass die Verhältnisse am günstigsten liegen, wenn die Lichtquelle im Brennpunkte der ihr zugekehrten plankonvexen Beleuchtungslinse steht, so dass also das Licht zwischen den Linsen achsenparallel ist. Die zulässigen Abweichungen von dieser Regel werden wir in dem Abschnitte über Projektionsobjektive kennen lernen.

Um nun doch die Lichtquelle möglichst nahe an die Linse *a* heranbringen zu können, ohne dadurch den parallelen Austritt der Strahlen aus *a* zur Unmöglichkeit zu machen, müsste man die Brennweite der beiden

[1] Den Abschnitt *xy* der Linse *a* (Fig. 11), welcher diejenigen von *L* ausgehenden Strahlen aufnimmt, welche zur Linse *b* gelangen können, nennt man die wirksame Öffnung der Linse *a*. Bei achsenparallelem Licht zwischen *a* und *b* (Fig. 9) ist die wirksame gleich der freien Öffnung, d. h. demjenigen Teile der Linse *a*, welcher von der Fassung nicht bedeckt ist. Je näher die Lichtquelle an *a* heranrückt, um so kleiner wird die wirksame Öffnung. Für die später zu erörternden Wechselbeziehungen zwischen Kondensor und Projektionsobjektiv ist es von Wichtigkeit zu wissen, wie gross bei einem bestimmten Abstande des Projektionsobjektivs von der Linse *b* die jeweilige wirksame Öffnung von *a* ist. Um dies zu ermitteln, verfolgt man die Strahlen rückwärts, d. h. man stellt eine punktförmige Lichtquelle (z. B. eine Flamme, vor der ein mit einer Nadel durchstochenes Kartonblatt sich befindet) in *o* auf. Nunmehr bedeckt man die ebene Fläche der Linse *a* mit einer Mattscheibe oder einem Bogen weissen, durch Öl transparent gemachten Papiers. Die wirksame Öffnung von *a* zeigt sich dann als hell erleuchteter Kreis auf der Mattscheibe (oder dem Papier). In vorliegendem Beispiel (Fig. 11) würde nur die zwischen *x* und *y* gelegene Zone hell sein, während die Randzonen (*xh* und *yc*) dunkel bleiben. Je weiter entfernt der Punkt *o* von *b* liegt, um so kleiner ist die wirksame Öffnung von *a*.

Linsen *a* und *b* (Fig. 11) möglichst verkürzen. Hier sind aber enge Schranken gesetzt, denn bei Verkürzung der Brennweite wächst der Dickendurchmesser der Linse; mit dem Dickendurchmesser wächst die sphärische Abweichung und gleichzeitig die Neigung der Linse, bei starker Erhitzung zu springen.

Ist die Brennweite der plankonvexen Linse etwa $1\frac{1}{2}$mal so gross wie der Linsendurchmesser, so hat man genügend kurze Brennweite und nicht allzu dicke Linsen. Daher ist von den optischen Instituten, welche sich mit Herstellung von Beleuchtungslinsen befassen, dies Verhältnis der Brennweite der Einzellinse zum Linsendurchmesser (1,5 : 1) allgemein eingeführt.

Die für Projektionsapparate in Betracht kommenden Beleuchtungslinsen sind in Bezug auf ihren Linsendurchmesser an bestimmte Maasse gebunden. Das wird durch nachfolgendes verständlich: Die gebräuchlichen Diapositivformate sind 8 × 8 cm (mit den Variationen 8,2 × 8,2 und 8,5 × 8,5), ferner 8,5 × 10 cm und endlich 9 × 12 cm. Von diesen Formaten des als Bildträger dienenden Glases wird für das eigentliche Bild nur ein Teil ausgenutzt, da man auf jeder Seite einen durchschnittlich 0,5 cm breiten Streifen für den schwarzen Papierrand in Abrechnung bringen muss. Bei dem früher allgemein als Normalmaass[1]) geltenden Formate 8 × 8 cm (8,2 × 8,2; 8,5 × 8,5) war es üblich, das Bild mit einer schwarzen Papiermaske mit einem Ausschnitt von 7 × 7 cm und abgerundeten Ecken zu bedecken, so dass bei diesen Bildern der grösste Durchmesser (die Diagonale), welcher für die Grösse der Beleuchtungslinse in Betracht kommt, etwa 9,5 cm (ohne die abgerundeten Ecken 10 cm) beträgt. Hierfür sind also Beleuchtungslinsen von 10 cm Durchmesser ausreichend. Um nun nicht die äusserste Randzone der Beleuchtungslinse ausnutzen zu müssen, wählt man den Durchmesser der Linse etwas grösser: 10,3 bis 10,5 cm. Der etwas grössere Linsendurchmesser wird auch deshalb notwendig, weil wegen der Dicke des Bildträgers (des Schieberahmens) das Diapositiv nicht unmittelbar vor der vorderen plankonvexen Beleuchtungslinse zu stehen kommt, sondern etwa im Abstand von 1 cm, also bereits in einem schmäleren Abschnitte des zum Projektionsobjektiv konvergierenden Lichtkegels.

Die Diagonale des Diapositivformats 8,5 × 10 cm beträgt nach Abzug des schwarzen Papierrandes (also für das Bildformat 7,5 × 9 cm) rund 12 cm; man benötigt hierfür einen Kondensor von 12 bis 13 cm Linsendurchmesser.

Die Diagonale des Formates 9 × 12 cm beträgt nach Abzug des Papierrandes (also für das Bildformat 8 × 11 cm) rund 14 cm. Ein Kondensor mit 15 cm Linsendurchmesser ist hierfür geeignet; häufig geht man jedoch bis zu 16 cm Linsendurchmesser, um die Randzone möglichst vollständig auszuschalten.

Nach der oben mitgeteilten Regel, dass das Verhältnis der Brennweite der Einzellinse zum Linsendurchmesser 1,5 : 1 sein soll, ist für Kondensoren mit dem soeben besprochenen Linsendurchmesser der jedesmalige Lichtquellenabstand für achsenparalleles Licht im Kondensor gegeben. Es erfordert:

---

[1]) Wir werden auf die Frage des günstigsten Formates in dem Abschnitte über das Glasbild zurückkommen.

ein Kondensor von 10 cm Linsendurchmesser einen Lichtquellenabstand von etwa 15 cm,

ein Kondensor von 12 cm Linsendurchmesser einen Lichtquellenabstand von etwa 18 cm,

ein Kondensor von 15 cm Linsendurchmesser einen Lichtquellenabstand von etwa 22,5 cm.

Natürlich kommt es bei diesen Abständen auf ein paar Millimeter mehr oder weniger nicht an, da man wegen der sphärischen und chromatischen Fehler der Linse, und weil die Lichtquelle niemals ein mathematischer Punkt ist, völlig parallelen Strahlenaustritt aus der ersten plankonvexen Linse doch niemals erzielt. Ferner sind die Brennweiten der verschiedenen Linsen bei gleichem Linsendurchmesser nicht ganz gleich. Endlich ist zu berücksichtigen, dass wir den „Abstand" von der planen Linsenfläche aus rechnen, „Abstand" und „Brennweite", welche vom optischen Mittelpunkte aus gerechnet wird, also nicht identisch sind. Die mitgeteilten Zahlen sollen nur ungefähr einen Anhalt dafür bieten, wo bei bestimmter Linsengrösse die Lichtquelle aufzustellen ist, um achsenparalleles Licht im Kondensor zu haben.

Die geschilderten Verhältnisse lassen es als nicht auffallend erscheinen, dass bei den von den verschiedenen optischen Instituten gelieferten Beleuchtungslinsen Abweichungen von den oben mitgeteilten Zahlen vorkommen. Im folgenden geben wir die Lichtquellenabstände, wie sie bei den von der „Rathenower optischen Industrieanstalt, vorm. Emil Busch A.-G." gelieferten Kondensoren gefordert werden, um zwischen den plankonvexen Linsen achsenparalleles Licht zu haben:

Linsendurchmesser	10	cm,	Lichtquellenabstand	16	cm
„	10,5	„	„	16,5	„
„	12	„	„	17,5	„
„	13	„	„	17,5	„
„	15	„	„	22,5	„
„	16	„	„	28	„

Da hier die Kondensoren von 12 und von 13 cm Durchmesser den gleichen Lichtquellenabstand haben, so wird man beim Ankauf den 13 cm-Kondensor bevorzugen (er ist nur 2 Mk. teurer), da bei demselben eine grössere Randzone unbenutzt bleiben darf und man überdies im stande ist, mit demselben gelegentlich sogar etwas grössere Diapositive (bis zum Bildformat 9 × 9 cm) zu projizieren. Ungünstig im Verhältnis zu dem 15 cm-Kondensor liegen dagegen die Lichtverhältnisse bei demjenigen mit 16 cm Linsendurchmesser. Während bei ersterem der Lichtquellenabstand 22,5 cm beträgt, ist er bei letzterem schon 28 cm. Man wird daher beim Ankauf den 15 cm-Kondensor bevorzugen, der 3 Mk. billiger ist (30 Mk. gegen 33 Mk.).

An Stelle des in Fig. 9 (S. 9) abgebildeten Doppelkondensors mit zwei plankonvexen Linsen empfiehlt A. Miethe[1]) einen Kondensor, der aus einer der Lampe zugewendeten, fast halbkugeligen, meniskenförmigen konvexen

[1]) Atelier des Photographen 1898, Heft 5, S. 82.

Linse und einer ihr bis zur Berührung genäherten nahezu gleichschenkeligen Linse von verhältnismässig flacher Krümmung besteht. Hier und bei ähnlichen Konstruktionen ist von achsenparallelem Licht zwischen den Linsen keine Rede, und die beste Lichtausnutzung findet statt, wenn alles Licht, welches auf die Hinterlinse fällt, von der Vorderlinse aufgenommen wird.

Zahlreiche Versuche wurden unternommen, um insbesondere bei Kondensoren von grösserem Linsendurchmesser eine günstigere Lichtausnutzung herbeizuführen, als dies bei dem Doppelkondensor (Fig. 9) möglich ist. Diese Möglichkeit ist bei Beleuchtungssystemen vorhanden, welche nicht aus zwei, sondern aus drei Einzellinsen (Tripelkondensor) bestehen. Man kann derartigen Beleuchtungssystemen eine sehr kurze Brennweite geben, ohne den Dickendurchmesser der einzelnen Linsen ungebührlich zu erhöhen. Insbesondere kann die der Lichtquelle zugekehrte Linse so gewählt werden, dass sie durch ihre Form der Gefahr des Springens weniger ausgesetzt ist; sie schützt dann gleichzeitig die beiden anderen Linsen vor allzugrosser Erwärmung.

Ist die Brennweite des dreifachen Kondensors gleich der Brennweite des für ein ebensogrosses Diapositivformat berechneten zweifachen, so bietet ersterer keine Vorteile vor dem zweifachen; im Gegenteil: da bei dem dreifachen zwei Begrenzungsflächen zwischen Luft und Glas mehr vorhanden sind, so sind hier die durch Reflexion herbeigeführten Lichtverluste grösser, als bei dem zweifachen. Aus letzterem Grunde empfiehlt es sich auch nicht, über die Zahl von drei Linsen hinauszugehen. Das System von kürzerer Brennweite — mag dasselbe aus zwei oder drei Linsen bestehen — hat bei gleichem Brechungsindex des Glases grössere Glasdicke als das entsprechende System längerer Brennweite, und infolgedessen auch stärkere Lichtabsorption. Letztere beträgt bei den für Kondensoren der Regel nach angewendeten Glassorten etwa 6% auf jeden Centimeter Glasdicke. Da die hierdurch bedingten Lichtverluste im wesentlichen auf die Mitte der Kondensoren entfallen, wo die Glasdicke am grössten ist, so spielen sie praktisch keine erhebliche Rolle, weil sie einen Ausgleich zwischen der an sich stärker beleuchteten Mitte und der schwächer beleuchteten Randzone herbeiführen.

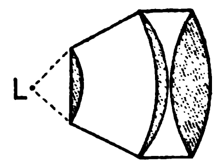
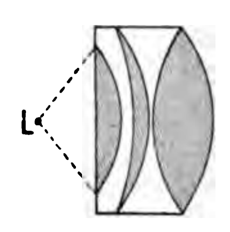


Fig. 12.



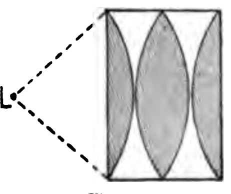


Fig. 13.

1836 konstruierte Andrew Ross einen dreifachen Kondensor, dessen Bauart in Fig. 12 dargestellt ist. Andere Formen des dreifachen Beleuchtungssystems, wie sie in den letzten Jahren vielfach benutzt wurden, sind in Fig. 13 abgebildet. Die Zahl der möglichen Kombinationen von drei Linsen ist ausserordentlich gross. Die Verhältnisse liegen jedoch am günstigsten, wenn man den in Fig. 9 (S. 9) dargestellten Doppelkondensor als Ausgangspunkt für den dreifachen nimmt. Wir sahen, dass

zur Erzielung besserer Lichtausnutzung weiter nichts nötig ist, als grössere Annäherung der Lichtquelle an den Kondensor. Nur dürfen die Linsen nicht durch grössere Erhitzung gefährdet werden, und die Strahlen müssen auf ihrem Wege zwischen den beiden plankonvexen Linsen achsenparallel bleiben. Dies erreicht man in einfachster Weise, wenn man zwischen dem plankonvexen Linsenpaar und der Lichtquelle eine konvex-konkave Linse (konvexer Meniskus) einschaltet. Die durch diese Anordnung gewonnenen Vorteile werden am leichtesten verständlich, wenn wir den Strahlengang im zweifachen und im dreifachen Kondensor vergleichen: Die Lichtquelle *L* (Fig. 14) ist im Brennpunkte der Linse *a* des zweiteiligen Kondensors aufgestellt; die aus *a* austretenden Strahlen treffen also untereinander parallel auf die Linse *b* und werden in *c*, dem Brennpunkte der Linse *b*, vereinigt. Schalten wir dagegen zwischen Lichtquelle *L*

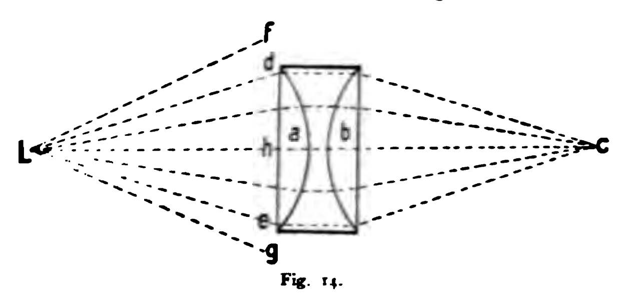


Fig. 14.

und plankonvexer Linse *a* die konvex-konkave Linse *x* (Fig. 15) ein, so hat man die Lichtquelle *L* erheblich näher an den Kondensor heranzubringen, damit innerhalb der Linsen *a* und *b*, zwischen beiden Linsen und auf dem Wege von der Linse *b* bis zum Schnittpunkte *c* die Strahlen denselben Weg einschlagen, wie bei dem zweifachen Kondensor (Fig. 14). Während also der dreifache Kondensor (Fig. 15) alle von der Lichtquelle *L* ausgehenden Strahlen aufnimmt, die von dem Winkel *fLg* eingeschlossen werden, nimmt der

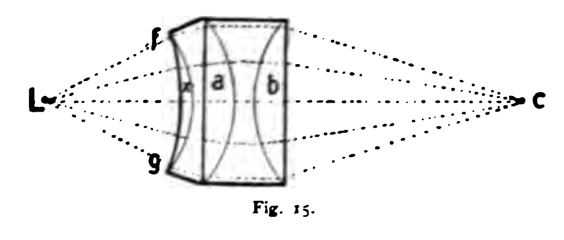


Fig. 15.

zweifache Kondensor nur die Strahlen auf, welche von dem Winkel *dLe* eingeschlossen werden; es gehen alle Strahlen für die Bilderzeugung verloren, welche von den Winkeln *fLd* und *eLg* (Fig. 14) eingeschlossen werden; der dreiteilige Kondensor ist hier also erheblich lichtstärker wie der zweiteilige. Freilich muss man hierbei berücksichtigen, dass der dreiteilige durch Absorption in dem dickeren Glase, besonders aber durch Reflexion an den beiden Flächen der Meniskuslinse Lichtverluste bedingt, welche ungefähr 20% der gesamten vom Kondensor aufgenommenen Lichtmenge betragen. Trotzdem bleibt, wie wir später sehen werden, die Überlegenheit des dreiteiligen über den zweiteiligen Kondensor bedeutend.

Dass man nicht eine plankonvexe, sondern eine konvex-konkave Linse nimmt, um aus dem zweiteiligen einen dreiteiligen Kondensor zu machen, hat in folgendem seinen Grund: Die Entfernung der Lichtquelle *L* (Fig. 14) von *h*, der Mitte der Linse *a*, ist kleiner als diejenige vom Rande *d*, *e* dieser Linse. Da nun die Helligkeit mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, so erhält die Randzone der Linse *a* verhältnismässig weniger Licht als die Mitte.

Fernerhin ist zu berücksichtigen, dass die auf einen bestimmten Punkt der Linsenfläche gelangende Lichtmenge proportional dem Cosinus des Auffallswinkels der Strahlen ist und dass auch aus diesem Grunde die Randzone der Linse weniger Licht erhält als die Mitte. Beim zweifachen Kondensor, wo die Lichtquelle in erheblicher Entfernung von der Linse *a* bleibt, hat dies nicht viel zu sagen. Anders gestalten sich jedoch die Verhältnisse beim dreifachen, wo die Lichtquelle näher an die Hinterlinse heranrückt. Den hieraus sich ergebenden Übelstand kann man dadurch ausgleichen, dass man der Hinterlinse eine der Lichtquelle zugekehrte konkave Fläche giebt, d. h. dass man an Stelle einer plankonvexen eine konvexkonkave Linse verwendet. Am günstigsten liegen die Verhältnisse, wenn die Krümmung der konkaven Fläche dieser Linse so gewählt ist, dass der Krümmungsradius gleich dem Abstande der Lichtquelle von dieser Linse ist. In diesem Falle steht die Lichtquelle von den Rändern der Meniskuslinse genau so weit entfernt, wie von der Mitte; dann sind auch die durch Reflexion entstehenden Lichtverluste am geringsten, weil die Strahlen senkrecht auf jeden Teil der Linse treffen.

Hieraus wird ersichtlich, dass, will man die dritte Linse (wegen der vermehrten Lichtverluste durch Reflexion) durchaus vermeiden, aber trotzdem bei dem zweifachen Kondensor einen ebenso kurzen Lichtquellenabstand haben, wie beim dreifachen, die Hinterlinse des zweifachen Kondensors konvexkonkave Gestalt haben muss, weil sonst die Helligkeit der Randzone gegen die Mitte zurückbleibt.

Wie aus Fig. 15 ersichtlich, kann die Linse *x* kleiner sein als *a*; da sie überdies dünner als *a* ist, so ist sie gegen Hitze verhältnismässig widerstandsfähig. Die Linse *x* erheblich grösser zu wählen, etwa ebenso gross wie die Linse *a*, hat keinen Zweck, da alle Strahlen, welche ausserhalb des Winkels *fLg* auf die Linse *x* treffen, die Linse *a* nicht mehr erreichen, sondern in die Kondensorfassung laufen würden.

Durch einen einfachen Versuch lässt sich feststellen, ob die zu einem bestimmten, dreiteiligen Beleuchtungssystem gehörige konvexkonkave Linse zu gross oder zu klein ist: Man bestimmt die wirksame Öffnung dieser Linse in derselben Weise, wie dies auf S. 10 (Fussnote) beschrieben ist. Hierbei ist im Auge zu behalten, dass die Mattscheibe oder das geölte Papier unmittelbar auf dem Rande der konkaven Fläche der Meniskuslinse — und nicht etwa auf der Fassung derselben — aufliegen muss. Die punktförmige Lichtquelle ist im Punkte *c* (Fig. 15) aufzustellen, so dass also die Strahlen zwischen *a* und *b* achsenparallel sind. Der Durchmesser der Meniskuslinse muss immer etwas grösser gewählt werden, als die wirksame Öffnung derselben bei achsenparallelem Licht zwischen *a* und *b* ist. Rückt nämlich *c* (Fig. 15) näher an die Linse *b* heran — ein Fall, der eintritt, wenn man Projektionsobjektive mit kurzer Brennweite verwendet —, so wird die wirksame Öffnung der Meniskuslinse etwas grösser.

Das Verhältnis der vom zweiteiligen zu der vom dreiteiligen Kondensor aufgenommenen Lichtmenge lässt sich folgendermaassen berechnen: Die der Lichtquelle zugekehrten Oberflächen der Kondensoren denkt man sich als

Abschnitte (Kugelhauben, Kalotten) einer Kugel vom Radius r, in deren Mitte sich die Lichtquelle befindet. Ein relatives Maass für die Lichtmengen, welche auf die Kondensoren gelangen, sind die Flächen der Kalotten, welche nach der Formel berechnet werden: $K = 2\pi r h$, wobei r den Radius der Kugel (d. h. Abstand der Lichtquelle vom Rande der Kondensorlinse) und h die Höhe der Kalotte bedeutet. Ist α der Winkel, welchen die auf die Kalotte fallenden Lichtstrahlen einschliessen (also dLe in Fig. 14 und fLg in Fig. 15), so erhält man:

$$h = r - r\left(\cos\frac{\alpha}{2}\right) = r\left(1 - \cos\frac{\alpha}{2}\right).$$

Setzt man diesen Wert für h in die Formel für die Kalottenfläche ein, so erhält man:

$$K = 2\pi r^2\left(1 - \cos\frac{\alpha}{2}\right).$$

Es verhält sich also K_3 (d. h. Kalotte für den dreiteiligen Kondensor) zu K_2 (d. h. Kalotte für den zweiteiligen Kondensor) wie $2\pi r^2\left(1 - \cos\frac{\alpha_3}{2}\right)$ zu $2\pi r^2\left(1 - \cos\frac{\alpha_2}{2}\right)$. Da der Kugelradius r bei Vergleichung verschiedener Kalotten immer derselbe bleibt, so erhält man:

$$\frac{K_3}{K_2} = \frac{1 - \cos\frac{\alpha_3}{2}}{1 - \cos\frac{\alpha_2}{2}}.$$

In der Formel $K = 2\pi r^2\left(1 - \cos\frac{\alpha}{2}\right)$ kann man auch die allgemein gültige trigonometrische Relation: $1 - \cos\frac{\alpha}{2} = 2\sin^2\frac{\alpha}{4}$ anwenden und schreiben:

$$K = 4\pi r^2 \cdot \sin^2\frac{\alpha}{4}.$$

Hieraus ergiebt sich, dass die Kalotten (also auch die von einer punktförmigen Lichtquelle ausgehenden Lichtmengen in den auf die Kondensoren fallenden Strahlenkegeln) sich verhalten wie die Quadrate der Sinus der Viertel vom Öffnungswinkel.[1]) (Die Öffnungswinkel sind: in Fig. 14 dLe, in Fig. 15 fLg.)

Da es nicht jedermanns Sache ist, mit Sinus, Cosinus und zugehörigen Logarithmentafeln zu rechnen, so wollen wir im folgenden eine Methode angeben, nach der jeder ohne besondere mathematische Vorkenntnisse im stande ist, das Verhältnis der vom zweiteiligen zu der vom dreiteiligen

[1]) Diese Regel gilt nur für punktförmige, in der Achse aufgestellte Lichtquellen. In Bezug auf flächenhafte Lichtquellen gilt die für die Abbildung feststehende Regel, dass die zu einem Lichtpunkte von einem beliebigen System geleitete Lichtmenge proportional ist der num. Apertur, dass also die von verschiedenen Kondensorsystemen aufgenommenen Lichtmengen sich verhalten wie die Quadrate der Sinus der halben Öffnungswinkel. Für unsere nachfolgenden Betrachtungen sind jedoch lediglich punktförmige, in der Achse aufgestellte Lichtquellen maassgebend, weil bei flächenhaften Lichtquellen die Verhältnisse sehr verwickelt werden.

Kondensor aufgenommenen Lichtmenge mit einer für die Praxis genügenden Genauigkeit festzustellen. Diese Methode beruht auf folgender Überlegung: Die von einem leuchtenden Punkte auf eine Fläche von bestimmter Grösse fallende Lichtmenge ist umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung des leuchtenden Punktes von der Fläche. Unter der vorläufigen Voraussetzung, dass die der Lichtquelle zugewendeten Flächen des zwei- und dreiteiligen Kondensors gleich gross sind, verhält sich also die auf den zweiteiligen Kondensor K_2 fallende Lichtmenge zu der auf den dreiteiligen Kondensor K_3 fallenden Lichtmenge wie a_3^2 zu a_2^2, wenn a_2 den Abstand der Lichtquelle vom zweiteiligen und a_3 den Abstand der Lichtquelle vom dreiteiligen Kondensor bedeutet. Wie wir sahen, ist jedoch der Durchmesser (also auch die wirksame Öffnung) der hintersten Linse des dreiteiligen Kondensors kleiner als der Durchmesser der hintersten Linse des zweiteiligen. Wir müssen daher von der auf den dreiteiligen Kondensor fallenden Lichtmenge einen Betrag in Abzug bringen, der sich aus folgender Überlegung ergiebt: r_2 sei der Radius der der Lichtquelle zugewendeten ebenen Fläche der hinteren Beleuchtungslinse des zweiteiligen Kondensors; r_3 sei der Radius einer Ebene, welche durch den der Lichtquelle zugewendeten Rand der Meniskuslinse des dreiteiligen Kondensors gelegt wird. Dann ist die lichtempfangende Fläche des zweiteiligen Kondensors $r_2^2\pi$, die lichtempfangende Fläche des dreiteiligen $r_3^2\pi$. Also müssen wir von der auf den dreiteiligen Kondensor fallenden Lichtmenge in Abzug bringen den Betrag, der auf die Fläche $r_2^2\pi - r_3^2\pi$ fällt. Hieraus ergiebt sich die Formel:

$$\frac{K_3}{K_2} = \frac{a_2^2}{a_3^2} - \frac{a_2^2}{a_3^2} \cdot \frac{r_2^2\pi - r_3^2\pi}{r_2^2\pi} = \left(\frac{a_2 r_3}{a_3 r_2}\right)^2.$$

Diese Formel giebt, da auf die Randzone der Linse weniger Licht gelangt, als auf die Mitte, die auf die verschiedenen Kondensoren fallenden Lichtmengen nicht so korrekt an, wie die oben berechnete Formel, welche sich auf den Öffnungswinkel α bezieht. Gleichwohl genügt sie für unsere Zwecke, weil wir bei Berechnungen vorliegender Art niemals aus dem Auge verlieren dürfen, dass man infolge verschiedener Umstände immer nur Annäherungswerte erhält.

Aus einer grösseren Zahl von Berechnungen, die Verfasser an verschiedenen im Handel befindlichen zwei- und dreiteiligen Kondensoren durchführte, ergab sich, dass die dreiteiligen Kondensoren im allgemeinen 2 bis 3½mal mehr Licht aufzunehmen im stande sind, wie die zweiteiligen. Die dreiteiligen Kondensoren spielen aber nur bei grösserem Linsendurchmesser (12 cm und darüber) eine Rolle, weil die kleinen Kondensoren (10 cm) an sich schon sehr kurze Brennweite haben. Bei ihnen würde durch Hinzufügen einer Meniskuslinse die Lichtquelle in gefährliche Nähe des Kondensors rücken.

Es ist zweckmässig, Vorkehrungen zu treffen, dass sich die Meniskuslinse abnehmen lässt, um gelegentlich statt des dreiteiligen auch mit dem zweiteiligen Kondensor arbeiten zu können. Von Vorteil ist dies z. B., wenn man bei elektrischem Bogenlicht mit sehr hoher Ampèrezahl arbeitet, weil man dann mit der Lampe vom Kondensor weiter abrücken und hierdurch

die Linsen vor dem Zerspringen bewahren kann. Die Helligkeit pflegt in diesem Falle auch bei den zweiteiligen mehr als ausreichend zu sein.

In früheren Jahren bildete der hohe Preis der dreifachen Beleuchtungslinsen einen ernstlichen Hinderungsgrund für die allgemeine Einführung derselben. Jetzt unterscheiden sich die Preise der zwei- und dreifachen Kondensoren so wenig voneinander, dass niemand, der sich einen Projektionsapparat anschafft, die kleine Mehrausgabe für den leistungsfähigeren dreifachen Kondensor zu scheuen braucht. Wir geben im folgenden die Preise, welche gegenwärtig die Rathenower optische Industrieanstalt vorm. Emil Busch für zwei- und dreifache Kondensoren fordert:

Linsendurchmesser:	Geeignet für Diapositivformat:	Preis für den zweifachen Kondensor:	Preis für den dreifachen Kondensor:
10 cm	8,5×8,5 cm	18 Mk.	Wird nicht angefertigt.
12 cm	8,5×10 cm	23 Mk.	40 Mk.
16 cm	9×12 cm	33 Mk.	57 Mk.

Dass die Beleuchtungslinsen, sollen sie möglichst vollkommene Ausnutzung der Lichtquelle gestatten, aus weissem Glase gefertigt sein müssen, erwähnten wir bereits. Benutzt man zu ihrer Herstellung Glassorten, welche einen hohen Brechungsexponenten haben, so können die Linsen bei gleicher Brennweite dünner geschliffen werden, was in Bezug auf Widerstandsfähigkeit gegen Hitze günstig ist. Doch spielen bei Auswahl der Glassorten der Glaspreis und die sonstigen Eigenschaften der Gläser neben dem Brechungsexponenten eine Rolle.

Ungemein wichtig ist, dass die Linsen frei von Schlieren und Luftblasen sind. Letztere wirken besonders störend, wenn sie sich in der dem Glasbilde zugekehrten Linse befinden, weil sie dann, wenn auch unscharf, auf dem Projektionsschirm mit abgebildet werden.

Auch die Fassung der Linsen spielt eine wesentliche Rolle; sie muss mit Luftlöchern versehen sein, damit die Luft zwischen den Linsen frei cirkulieren und zur Abkühlung des Glases beitragen kann. Ganz zu verwerfen sind Fassungen, bei denen die Linsen nicht herausnehmbar sind. Wenn der Projektionsapparat einige Zeit in kühlen, feuchten Räumen steht, bildet sich auf der Oberfläche des Glases ein feiner Niederschlag, welcher die Lichtdurchlässigkeit der Linsen stark beeinträchtigt. Die Linsen müssen sich also herausnehmen lassen, damit man sie putzen kann. Praktisch ist in dieser Beziehung die Fassung, welche die Rathenower optische Industrieanstalt ihren Beleuchtungslinsen giebt und welche in Fig. 16 und 17 dargestellt ist. Fig. 17 zeigt den fertig montierten dreifachen Kondensor.

Fernerhin ist wichtig, dass die Linsen locker in der Fassung sitzen, damit für die durch Hitze erfolgende Ausdehnung genügend Spielraum bleibt.

Besonders gilt dies für diejenige Linse, welche der Lichtquelle zugekehrt ist. Zu enge Fassung hat Springen der Linse zur Folge.

Durch Reflexion des Lichtes an den Linsenflächen treten Spiegelbilder auf, von denen einige reell, andere virtuell sind. Störend wird dies, wenn ein reelles Bild dieser Art dort liegt, wo man das zu projizierende Diapositiv aufzustellen hat. Dann projiziert das Spiegelbild mit und markiert sich als heller Lichtfleck auf dem weissen Schirm. Durch Verschieben des Diapositivs mehr nach dem Projektionsobjektiv hin kann man das Spiegelbild aus dem Fokus des letzteren bringen, doch ist dies aus naheliegenden Gründen der Regel nach nur in den seltensten Fällen möglich. Auch lassen sich einige dieser Spiegelbilder dadurch unschädlich machen, dass man den Abstand der beiden plankonvexen Linsen verändert. Übrigens schadet ein centraler Licht-



Fig. 16. Fig. 17.

fleck auf dem weissen Schirm bei der Projektion wenig, während er bei photographischen Vergrösserungen unangenehm wird. Bei dreifachen Kondensoren treten leichter Lichtflecke auf dem Schirm auf, wie bei zweifachen, da es bei ersteren zwei spiegelnde Linsenflächen mehr giebt.

Die Glaslinsen des Beleuchtungssystems lassen sich auch durch Flüssigkeitslinsen ersetzen, die man folgendermaassen herstellt: Uhrglasförmige Glasschalen von 16 cm Durchmesser (zu beziehen durch Klönne und Müller, Berlin, Luisenstrasse 49) werden mit dem freien Rande unter Zuhilfenahme von Krystallpalastkitt (Auflösung von Gelatine in Eisessig) auf einer Spiegelglasscheibe aufgekittet. Vor dem Aufkitten hat man am freien Rande der Glasschale eine kleine Vertiefung ausgeschliffen, welche nach dem Aufkitten als Füllloch dient. Durch letzteres wird in das Innere der plankonvexen Linse Alkohol eingefüllt und schliesslich das Loch mit einem Heftpflasterstreifen verschlossen. Da der Brechungsexponent des Alkohols 1,36 ist, also gegen denjenigen des Glases (1,5 bis 1,6) zurückbleibt, so ist die Brennweite eines so hergestellten Doppelkondensors (bei dem die beiden Einzellinsen so aufgestellt werden, wie dies in Fig. 14, S. 14 dargestellt ist) zu gross. Man schaltet also zwischen den Alkohollinsen und der Lichtquelle eine kleine plankonvexe oder bikonvexe Linse ein, welche gleichzeitig die grossen Linsen

vor Erhitzung schützt. Mit einem so hergestellten dreilinsigen Kondensor, der für wenige Mark zu beschaffen ist, lässt sich vorzügliche Helligkeit erzielen; für die Reise ist derselbe allerdings nicht geeignet, weil bei starken Bewegungen des Apparates aus den Öffnungen etwas Alkohol hervorquillt.

Projektionsapparate mit grösserem Durchmesser der Beleuchtungslinsen als 16 cm kommen nicht in Frage. Bei Vergrösserungsapparaten bedarf man häufig grösserer Linsen, um auch grosse Negative vergrössern zu können. Der Preis der Beleuchtungslinsen wächst mit ihrer Grösse ausserordentlich; daher liegt der Gedanke nahe, die grossen Glaslinsen durch grosse Alkohollinsen zu ersetzen. Leider zeigt aber die Oberfläche so grosser uhrglasförmiger Schalen meist erhebliche Abweichungen von der Kugelgestalt, so dass derartige Linsen keine gleichmässig erleuchteten Flächen liefern.

Statt des Alkohols lässt sich zur Füllung der Flüssigkeitslinsen auch Wasser oder Glycerin benutzen, doch muss man dann einen anderen Kitt verwenden, weil Krystallpalastkitt nur durch Alkohol nicht aufgelöst wird. Wasser ist ausserdem unpraktisch, weil sich bei Erwärmung kleine Bläschen an den Glaswänden ansetzen und dasselbe sich bald trübt.

Man machte den Versuch, die Beleuchtungslinse durch eine möglichst hell zu beleuchtende Mattscheibe zu ersetzen. Doch wird hierdurch niemals annähernd dieselbe Helligkeit des Bildes erzielt, wie durch Linsen. Eine einzige Mattscheibe reicht überdies nicht aus, da sie das Licht nicht hinreichend gleichmässig verteilt; es müssen wenigstens zwei derselben verwendet werden, die man in Entfernung von einigen Centimetern aufstellt.

Die Kühlkammer.

Der Gedanke liegt nahe, die empfindlichen Gläser durch eine Kühlkammer (Absorptionsküvette mit planparallelen Glaswänden) zu schützen, besonders wenn die heisseste aller Lichtquellen, das elektrische Bogenlicht, zur Projektion benutzt wird. Den besten Schutz gewährt die Kühlkammer, wenn sie zwischen Lichtquelle und erster Beleuchtungslinse aufgestellt ist. Diese Anordnung wurde in früherer Zeit allgemein versucht, und sie wird noch heutigen Tags von Autoren empfohlen, welche ihre Kenntnisse des Projektionsapparates am grünen Tische erwarben. Theorie und Praxis stehen hier jedoch in scharfem Gegensatze. Bringt man nämlich die Kühlkammer zwischen Lichtquelle und erster Beleuchtungslinse an, so beginnt das in derselben enthaltene Wasser schon nach wenigen Minuten zu kochen. Freilich kann man diesem Übelstande dadurch vorbeugen, dass man für stetigen Zu- und Abfluss sorgt, doch erfordert dies umständliche Vorrichtungen. Überdies ist das der Lichtquelle zugekehrte Glas der Kühlkammer wegen der ungleichmässigen Erwärmung dem Zerspringen ausgesetzt, selbst wenn man hierfür widerstandsfähiges Hartglas verwendet. Aus diesen Gründen finden wir heutigen Tags

bei keinem mit Verständnis gebauten Projektionsapparate die Kühlkammer an genanntem Orte.

Als Aufstellungsort kommt fernerhin in Betracht der Raum zwischen den Beleuchtungslinsen und derjenige zwischen Kondensor und Diapositiv. Beides hat Vorteile und Nachteile. Bei richtiger Aufstellung von Lichtquelle und Beleuchtungslinsen (Fig. 14 und 15, S. 14) sind die Strahlen zwischen den beiden plankonvexen Linsen parallel; der Theorie nach kann man diese beiden Linsen also beliebig weit auseinander rücken, ohne Änderung im Strahlengange herbeizuführen. Wie bemerkt, trifft jedoch diese Voraussetzung nur zu, wenn die Lichtquelle punktförmig ist und die Linsen sphärisch und chromatisch korrigiert sind. In der Praxis gestalten sich die Verhältnisse so, dass man auch die nicht korrigierten, plankonvexen Beleuchtungslinsen ohne nennenswerte Lichtverluste um einige Centimeter voneinander entfernen

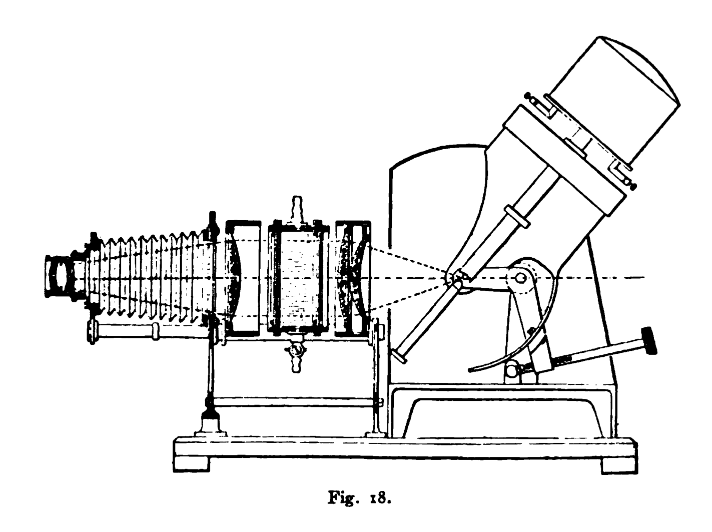


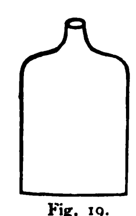
Fig. 18.

kann, so dass hierdurch der nötige Raum für Unterbringung der Kühlkammer gewonnen wird. Dies ist denn auch der Regel nach der Ort, wo man die Kühlkammer aufstellt und wo sie z. B. bei den von Zeiss (Jena) gefertigten Projektionsapparaten angebracht wird (Fig. 18). Beim zweifachen Kondensor ist bei dieser Anordnung die hintere plankonvexe Linse, beim dreifachen ausser letzterer auch die konvexkonkave Linse durch die Kühlkammer nicht geschützt; doch muss man dies als notwendiges Übel mit in den Kauf nehmen.

Bei Aufstellung der Kühlkammer zwischen Kondensor und Glasbild ist zu berücksichtigen, dass die Strahlen nach dem Austritte aus dem Kondensor zusammenlaufen (Fig. 14 und 15, S. 14). Bei einiger Dicke der Kühlkammer kann es sich daher ereignen, dass man mit dem Glasbilde bereits in einen so schmalen Abschnitt des Lichtkegels gedrängt wird, dass keine gleichmässige Beleuchtung des Bildes bis in die Ecken mehr stattfindet. Ferner ist bei dieser Aufstellung nachteilig, dass die Strahlen schräg auf die Wände der Küvette auftreffen und daher viel Licht durch Reflexion verloren geht. Aus diesen Gründen wird man die Kühlkammer nur dann zwischen Kondensor

und Glasbild aufstellen, wenn beispielsweise an einem bereits vorhandenen Projektionsapparate nachträglich eine Kühlkammer angebracht werden soll und daher die Aufstellung derselben zwischen den Beleuchtungslinsen einen kostspieligen Umbau erfordern würde. Von Vorteil ist wiederum bei letzterer Aufstellung, dass der gegenseitige Abstand der Beleuchtungslinsen nicht verändert wird.

Man wird gewiss fragen: wozu überhaupt eine Kühlkammer, wenn die durch die Hitze am meisten gefährdeten Beleuchtungslinsen durch dieselbe nicht mehr geschützt werden? Man muss darauf erwidern, dass ein Schutz des Glasbildes und vor allem des Projektionsobjektivs mindestens ebenso wichtig ist, wie ein Schutz der Beleuchtungslinsen. Da das Projektionsobjektiv dort aufgestellt wird, wo die vom Kondensor kommenden Strahlen zusammenlaufen, so ist hier die Erwärmung am grössten. Daher läuft man stets Gefahr, dass der zum Kitten der Linsen verwendete Kanadabalsam schmilzt oder gar die Linsen springen. Berücksichtigen muss man allerdings, dass durch die verschiedenen Linsen und Gläser, welche das Licht auf seinem Wege von der Lichtquelle bis zum Projektionsobjektiv zu passieren hat, viele Wärmestrahlen verschluckt werden. Wir erlebten es, dass wertvolle Glasbilder, die, weil der Vortragende an dieselben lange Erörterungen knüpfte, ungewöhnlich lange im Schieberahmen verblieben, durch die Hitze vollständig verdarben.


Fig. 19.

Handelt es sich bei der Projektion nicht um Objekte, die besonders leicht dem Verderben durch Hitze ausgesetzt sind, so braucht der Regel nach, auch bei Benutzung von elektrischem Bogenlicht, eine Kühlkammer nicht angewendet zu werden. Nur wenn bei elektrischem Bogenlicht die benutzte Ampèrezahl 20 übersteigt, wird man nicht gern auf die Absorptionsküvette verzichten.

Soll genügende Absorption von Wärmestrahlen stattfinden, so muss die zwischen den planparallelen Wänden der Küvette eingeschlossene Flüssigkeit mindestens eine Dicke von 3 cm haben. Wir werden später, bei Besprechung der direkten Projektion mikroskopischer Präparate, sehen, dass die Flüssigkeitsschicht unter Umständen zehnmal so dick sein muss. Solide Ausführung der Küvette, insbesondere zuverlässiges Kitten, ist unerlässlich nötig. Nichts ist unangenehmer, als wenn während der Projektion die Flüssigkeit anfängt auszulaufen. Auch die Innenseiten der Glaswände müssen sich bequem putzen lassen. Bei den von der Firma Zeiss (Jena) hergestellten Kühlkammern werden die Spiegelglasscheiben nur durch Talg mit der genau abgeschliffenen Zwischenlage verbunden, so dass man die Kühlkammer zum Zwecke gründlicher Reinigung leicht auseinandernehmen kann; auch ist hier durch Ansatzrohre (Fig. 18) für die Möglichkeit eines dauernden Zu- und Abflusses gesorgt. Recht bequem sind die Absorptionsflaschen, wie sie z. B. die Firma Warmbrunn, Quilitz u. Co. in Berlin führt (Fig. 19). Die Aussenwände derselben sind planparallel geschliffen, bei den Innenwänden ist dies nicht möglich; doch bringt die dadurch bedingte, geringfügige Unregelmässigkeit im Strahlengange keine nennenswerten Nachteile.

Was die Füllung der Absorptionsküvetten anbelangt, so kommt für gewöhnliche Projektion nur reines, frisch abgekochtes Wasser in Betracht. Abkochen ist unerlässlich nötig, um die im Wasser enthaltene Luft auszutreiben; anderenfalls würden sich bei zunehmender Erwärmung Luftbläschen an den Wänden der Küvette ansetzen.

Statt des reinen Wassers Alaunlösung zu verwenden, wird immer wieder empfohlen, obgleich längst nachgewiesen ist, dass Alaunlösung nicht nennenswert mehr Wärme absorbiert, als reines Wasser. Ferner empfahl man verschiedentliche Zusätze zum Wasser, damit dasselbe nicht so leicht zum Kochen kommt. Auch dies ist überflüssig: Steht die Küvette zwischen den Beleuchtungslinsen oder zwischen Kondensor und Glasbild, und ist überdies im Gehäuse und zwischen den Beleuchtungslinsen für ausreichende Luftcirkulation gesorgt, so wird das Wasser in der Küvette nicht zum Kochen kommen. Auch Glycerin wird neuerdings als Absorptionsflüssigkeit empfohlen, weil es einen höheren Siedepunkt als Wasser hat. Die damit verbundenen Unsauberkeiten beim Ein- und Ausfüllen verleiden jedoch die Benutzung desselben.

Kommt es, wie bei direkter Projektion mikroskopischer Präparate, darauf an, die Wärmestrahlen vollständig auszuschalten, so benutzt man eine angesäuerte, fünfprozentige Eisenchlorürlösung. Dieselbe hat grünliche Farbe.

Der Bildträger.

Der Bildträger, welcher das zu projizierende Glasbild (Diapositiv) aufnimmt, wird in der „Bildbühne" (*a*, Fig. 3, S. 3; *d*, Fig. 5, S. 6) in Nähe der dem Projektionsobjektiv zugekehrten planen Seite der vorderen, plankonvexen Beleuchtungslinsen angebracht.

Der einfachste und in seinen Vorzügen nicht zu unterschätzende Bildträger ist in Fig. 20 dargestellt. Derselbe wird in der Bildbühne so befestigt, dass der Ausschnitt *a*, welcher ein wenig kleiner ist, als das zu projizierende Glasbild, genau vor dem Kondensor steht. An der Seite *b* steckt man das Glasbild hinein und schiebt es mit Hilfe des nächsten Bildes so weit vor, bis es sich vor der Öffnung *a* befindet. Nachdem das Bild hinreichend lange auf dem Projektionsschirm gestanden hat, wird es durch Vorschieben des zweiten und dritten Bildes weiterbefördert, so dass es schliesslich bei *c* aus dem Bildträger herauskommt und von einem hierfür Angestellten in Empfang genommen wird. Im Notfalle kann dieselbe Person, welche die Bilder bei *b* hineinsteckt, sie bei *c* wieder herausnehmen. Man hat diese einfache Vorrichtung dadurch zu komplizieren gesucht, dass

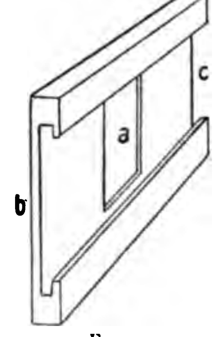


Fig. 20.

man mit Hilfe eines über zwei Rollen gleitenden Bandes und einer Drehkurbel die Fortbewegung der Bilder bewerkstelligt (Fig. 21).

Die jetzt gebräuchlichste Form des Bildträgers ist der Schieberahmen, der in der Bildbühne vor dem Kondensor vorübergleitet (Fig. 22). Der in der Bildbühne befestigte Holzrahmen *a* dient zur Führung des mit Ausschnitt *c* versehenen, beweglichen Brettes *b*. Die Glasbilder werden oben, bei *d*, eingesteckt; sobald sie sich im Ausschnitt *c* befinden, schiebt man das Brett *b* in *a* hinein, so dass also das Glasbild unmittelbar vor den Kondensor kommt. Zur Auswechselung der Bilder muss *b* wieder vorgezogen werden. Um die hierdurch entstehenden Zeitverluste beim Auswechseln zu vermindern, konstruierte man Schieberahmen mit zwei Ausschnitten (Fig. 23). Während sich das Bild im Ausschnitt *a* vor dem Kondensor befindet, wird das Bild im Ausschnitt *b* ausgewechselt — und umgekehrt. Der Anschlag *c* dient dazu, das Schiebebrett zu fixieren, wenn das Bild genau vor der Beleuchtungslinse steht. Man kann so die Diapositive in ununterbrochener Reihe vorführen. Unangenehm ist bei dieser Art des Auswechselns, dass man, um in den Ausschnitt *a* ein neues Bild hineinzustecken, mit dem



Fig. 21.

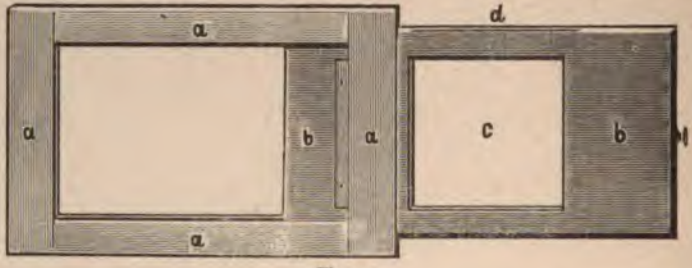


Fig. 22.

Arm über den vorderen Teil des Projektionsapparates hinweglangen muss, wofern nicht eine zweite Person an der anderen Seite des Apparates Aufstellung nimmt und hier das Auswechseln besorgt.

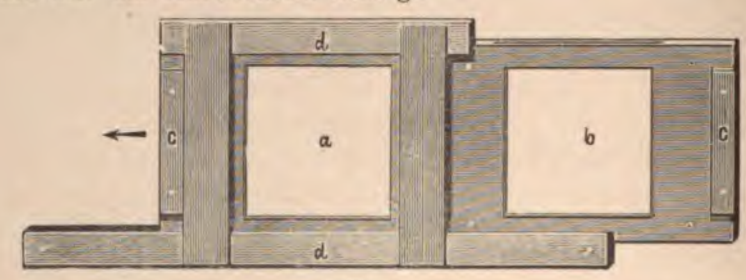


Fig. 23.

Beim Herausheben der Bilder aus dem Schiebebrett ist Berührung der Bildfläche mit den Fingern unvermeidlich. Das hat zeitraubendes Putzen zur Folge, zumal die Finger beim Bedienen des Apparates nie sauber bleiben. Fingerabdrücke auf der Glasfläche machen sich im projizierten Bilde unangenehm

bemerkbar. Um diesen Übelstand zu beseitigen, konstruierte man einen Schieberahmen, wie derselbe in Fig. 24 dargestellt ist. Man ist hier im stande, die Bilder beim Herausheben an einer Ecke zu fassen.

Recht praktisch ist auch diejenige Vorrichtung, wo beim Schieben des Schiebebrettes ein kleiner Hebel in Thätigkeit tritt, welcher das frei werdende Bild so weit anhebt, dass es mit seinem oberen Rande über der Oberkante des Schiebebrettes erscheint, so dass es dort erfasst werden kann.

Als noch das alte, aus dem Format der Stereoskopbilder hervorgegangene „Normalformat“ von 7 × 7 cm Bildgrösse die Welt beherrschte, lagen die Verhältnisse mit den Ausschnitten im Bildschieber sehr einfach: es gab kein Hoch- und Querformat; dieselben quadratischen Ausschnitte passten für alle Bilder. Da änderte sich die Sachlage, als die Amateure den herumreisenden „Professoren der höheren Magie“ das Projizieren aus der Hand nahmen. Die nach den üblichen Negativplatten hergestellten Bilder waren nicht quadratisch, und man wollte beim Projektionsbilde nicht unnötigerweise einen wesentlichen Teil der Originalaufnahmen opfern. Darob grosses Geschrei bei den „Alten“, welche über den Unverstand der „Jungen“ und die „einsichtslose und unpraktische Überhebung des Dilettantismus“ aus der Haut fuhren. Aber das rollende Rad der Fortentwickelung lässt sich nicht aufhalten. Das Plattenformat 8,5 × 10 cm mit Bildformat 7,5 × 9 cm bürgerte sich, weil sein Verhältnis der Breite zur Höhe den gebräuchlichen Negativformaten ungefähr entspricht, immer mehr ein,[1]) und es mussten ausser grösseren Kondensoren auch anders gestaltete Schieberahmen geschaffen werden. Einfach blieb die Sache, so lange man sich an das Querformat 8,5 × 10 cm hielt. Nun gab es aber Aufnahmen von Wasserfällen, hohen Türmen und dergleichen, wo das Negativ im Hochformat exponiert wurde und man auch das Glasbild im Hochformat fertigte. Es blieb nichts weiter übrig, als zwei Sorten von Schieberahmen im Vorrat zu halten: für Quer- und Hochformat 8,5 × 10 cm. Man könnte in demselben Brett (Fig. 23) den einen Ausschnitt für das Hoch-, den anderen für das Querbild machen; dann ist jedoch wieder die Unannehmlichkeit der langsamen Bildauswechselung, wofern nicht zufällig in der Reihenfolge der Bilder immer Hoch- und Querformat abwechselt.


Fig. 24.

Die Sache kam für die „Alten“ noch schlimmer; ihre Wut steigerte sich zur Raserei, als eines Tags denkende Amateure sagten: Weshalb sollen wir uns die grosse Mühe machen, die auf dem zweckmässigen und bequemen

[1]) Plattenformat 8,5 × 10 cm mit Bildformat 7 × 7 cm war auch früher vielfach üblich, doch verwendete man den breiten Rand lediglich zum Anbringen einer Beschreibung des Bildes.

Negativformate 9 × 12 cm gefertigten Aufnahmen für den Projektionsapparat zu verkleinern? Das 9 × 12 cm-Diapositivformat hielt also siegreichen Einzug, und mit nochmaliger Vergrösserung der Kondensoren mussten auch die Ausschnitte der Bildschieber wachsen. Der weiteren Vergrösserung des Diapositivformates ist dadurch vorgebeugt, dass die hierfür erforderlichen Beleuchtungslinsen zu gross, dick und teuer werden. Man muss jedoch im Auge behalten, dass der 15 cm-Kondensor, wie er für 9 × 12 cm-Diapositive erforderlich ist, auch für das quadratische Bildformat 10 × 10 cm, der 16 cm-Kondensor sogar für das Bildformat 11 × 11 cm ausreicht. Nun kommt man mitunter in die Lage, aus einem grossen Negativ die Mitte — und zwar möglichst viel von derselben in quadratischer Abmessung — für das Glasbild benutzen zu können. Für diese Fälle ist dann ein besonderer Rahmen mit Ausschnitt für das Bildformat 10 × 10 oder 11 × 11 cm (in beiden Fällen wird man das Plattenformat 12 × 12 cm wählen) erforderlich.

Eine besondere Frage ist, ob es sich empfiehlt, wie dies neuerdings befürwortet wurde, statt des Plattenformates 9 × 12 cm ein solches von 12 × 12 cm zu wählen, damit man Negative von 9 × 12 cm hoch und quer auf dieselbe Platte kopieren und gelegentlich auch, ohne im Plattenformate etwas zu ändern, das Bildformat 10 × 10 oder 11 × 11 cm benutzen kann Quadratische Plattenformate haben in Hinblick auf die Zahl der Schieberahmen stets den Vorzug, dass sie die Projektion vereinfachen. Gleichwohl möchten wir von der allgemeinen Einführung des Plattenformates 12 × 12 cm abraten; denn zu der 12 × 12 cm-Platte gehört ein ebenso grosses Deckglas, und es werden hierdurch die Kosten, vor allen Dingen aber das Gewicht der Platten in bedenklicher Weise vermehrt.

Für die drei Haupttypen der Projektionsapparate sind also, da sich mit den grösseren Kondensoren auch alle kleineren Plattenformate projizieren lassen, um allen Anforderungen in Bezug auf Bildformat zu genügen, folgende Schieberahmen notwendig:

1. Für den Apparat mit 10 bis 10,5 cm-Kondensor ein Schieberahmen mit Ausschnitt für Plattenformat 8,5 × 8,5 cm. In denselben Schieberahmen wird man ohne weiteres Platten im Format 8 × 8 oder 8,2 × 8,2 cm (s. S. 11) einsetzen können.
2. Für den Apparat mit 12 bis 13 cm-Kondensor je ein Schieberahmen mit Ausschnitt für Plattenformat 8,5 × 8,5 cm, 8,5 × 10 cm hoch und 8,5 × 10 cm quer.
3. Für den Apparat mit 15 bis 16 cm-Kondensor je ein Schieberahmen mit Ausschnitt für Plattenformat 8,5 × 8,5 cm, 8,5 × 10 cm hoch, 8,5 × 10 cm quer, 9 × 12 cm hoch, 9 × 12 cm quer und 12 × 12 cm.

Der Apparat (Nr. 2) mit 13 cm-Kondensor gestattet auch Benutzung des quadratischen Bildformates 9 × 9 cm; doch sind die hierdurch gewonnenen Vorteile dem 7,5 × 9 cm-Bilde gegenüber nicht so gross, dass man durch dieselben bewogen werden könnte, ein neues Plattenformat einzuführen. Bei dem Bilde 11 × 11 cm ist dagegen gegenüber dem Bilde 8 × 11 cm der Breitenzuwachs von 3 cm ins Gewicht fallend.

Die grosse Zahl der notwendigen Schieberahmen ist natürlich Wasser auf die Mühle der grimmigen Feinde des Plattenformates 9×12 cm; doch ist die Sache keineswegs so verwickelt, wie sie auf den ersten Blick aussieht. Die Schieberahmen sind das Billigste am ganzen Projektionsapparat. Ist der das Schiebebrett tragende Holzrahmen (*d* in Fig. 23) so gearbeitet, dass er durch eine einschnappende Feder in der Bildbühne festgehalten wird, so vollzieht sich die Auswechselung der Schieberahmen für die verschiedenen Plattenformate in leichtester Weise. Die Anordnung kann auch so getroffen sein, dass der Holzrahmen *d* dauernd in der Bildbühne verbleibt und nur die Schiebebretter ausgewechselt werden. Doch hat dies seine Nachteile, weil in diesem Falle die Höhe der Schiebebretter für alle Plattenformate dieselbe bleibt und nur die Grösse der Ausschnitte verschieden ist; infolgedessen lassen sich die kleinen Plattenformate schlecht herausheben, weil der breite Holzrand stört. Es ist daher besser, für jedes Schiebebrett einen besonderen Holzrahmen (*d* in Fig. 23) zu besitzen.

Häufig haben die Ausschnitte der Schiebebretter den Fehler, dass sie für die Plattenformate zu knapp sind. Der Fabrikant hat dabei die löbliche Absicht, dem Hin- und Herwackeln der Bilder im Schieberahmen vorzubeugen. Man muss aber damit rechnen, dass die Platten niemals genau gleich gross sind, dass vielmehr bei denselben Formaten Abweichungen um mehrere Millimeter vorkommen. Ferner sind die verwendeten Gläser (Träger der Bildschicht und Deckgläser) verschieden dick. Häufig hört man daher während der Projektion vom Apparate her den Ruf: „Das folgende Bild passt nicht in den Rahmen.“ Um derartigen unliebsamen Zwischenfällen vorzubeugen, braucht man nur die Ausschnitte im Schiebebrett reichlich gross und breit fertigen zu lassen. Fürchtet man, dass es sich hierdurch ereignen könnte, dass besonders dünne Bilder geneigte Stellung im Schieberahmen annehmen und die gleichmässige Schärfe auf dem weissen Schirm leidet (ein Fall, der in der Praxis viel seltener vorkommt, als man glaubt), so braucht man nur im Ausschnitte des Brettes Federn anbringen zu lassen, welche das Bild mit sanftem Druck gegen diejenige Seite des Rahmens, welche dem Kondensor zugekehrt ist, schieben und so das Bild in senkrechter Lage fixieren.

Um Hoch- und Querbilder desselben Plattenformates durcheinander projizieren zu können, ohne den Schieberahmen auszuwechseln, konstruierte man Schiebebretter, die nicht mit zwei, sondern mit vier Ausschnitten (zwei für Hoch- und zwei für Querformat) versehen sind. Allerdings werden die Bretter dadurch sehr lang; doch bewährte sich eine Vorrichtung dieser Art für Plattenformat 9×12 cm bei den Projektionen der „Freien photographischen Vereinigung zu Berlin“ aufs beste.

Eine andere Art des Plattenschiebers, wie sie beispielsweise an den von Schmidt & Haensch (Berlin) gefertigten Projektionsapparaten geliefert wird, ist folgende: Das Schiebebrett besitzt zwei grosse quadratische Ausschnitte. Die Diapositive werden in besondere quadratische Holzrähmchen mit passenden Ausschnitten gesteckt; diese Holzrähmchen kommen dann in den Ausschnitt des Schiebebrettes. Die Bildhalterausrüstung für einen mit 15 oder 16 cm-

Kondensoren ausgestatteten Apparat setzt sich also aus folgenden Stücken zusammen (Fig. 25): *a* ist das eigentliche Schiebebrett, in welches die Holzrähmchen *b* bis *g* eingesetzt werden. Jedes dieser Holzrähmchen muss in zwei Exemplaren vorhanden sein, damit die Projektion ohne Unterbrechung vor sich gehen kann. Bei 8,5 × 10 cm und 9 × 12 cm lässt sich für Hochformat dasselbe Holzrähmchen benutzen, wie für Querformat. Gleichwohl empfiehlt sich dies nicht; denn steckt man beispielsweise in den Rahmen *e* eine 9 × 12 cm-Platte

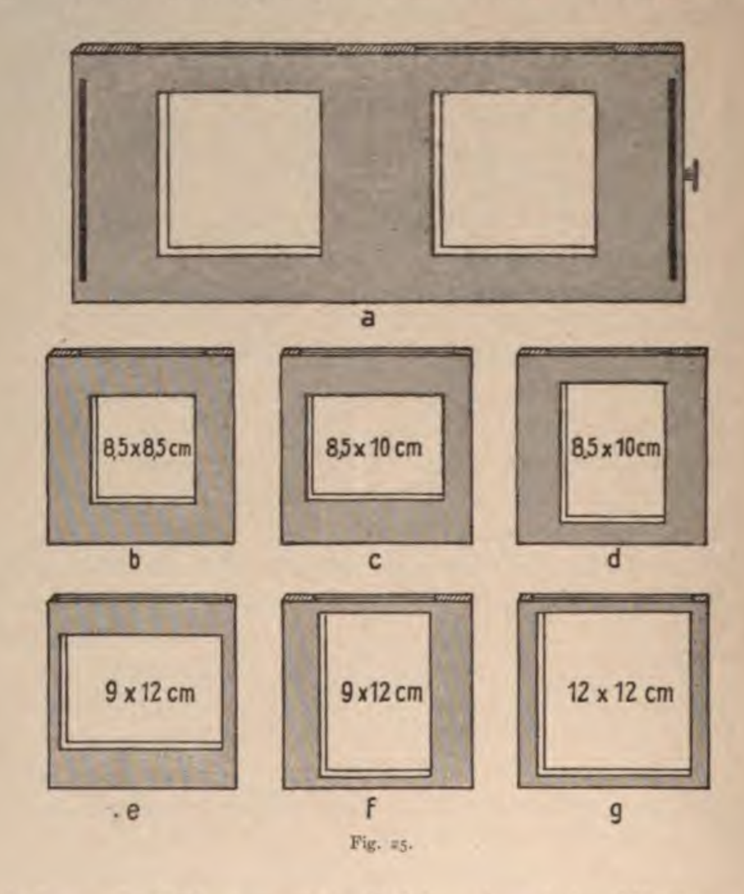


Fig. 25.

in Hochformat, so läuft man stets Gefahr, dass beim Hantieren mit dem Holzrähmchen das Glasbild herausgleitet, weil sich nun die Einsteckӧffnung nicht oben, sondern an der Seite befindet.

Die in Fig. 25 dargestellte Vorrichtung ist praktisch, wenn es sich darum handelt, Bilder der verschiedenen Formate in bunter Reihenfolge zu projizieren. Hat man bei demselben Projektionsvortrage nur Bilder von derselben Plattengrösse und nur Hoch- oder Querformat, so ist der in Fig. 23 (S. 24) dargestellte Schieberahmen einfacher zu handhaben, weil das Einstecken in die Holzrähmchen fortfällt.

Ein Mittelding zwischen der soeben beschriebenen Wechselvorrichtung und dem in Fig. 20 (S. 23) dargestellten Bildträger ist der in Fig. 26 abgebildete Rahmen, den M. Petzold (Chemnitz) konstruierte: Derselbe wird in

der Bildbühne so befestigt, dass der Ausschnitt unmittelbar vor dem Kondensor steht. Man legt die Glasbilder in Holzrähmchen, wie sie in Fig. 25 (*b* bis *g*) abgebildet sind, und schiebt sie in der Pfeilrichtung bei *a* in den Rahmen. Das nächstfolgende Bild schiebt das bereits projizierte bei *b* wieder heraus. Man kann also auch hiermit Bilder der verschiedensten Formate in bunter Reihe vorführen. Ein Vorzug dieses Rahmens ist, dass man in demselben genau so, wie bei dem in Fig. 20 dargestellten, auch die eine Hälfte eines stereoskopischen Doppelbildes projizieren kann.

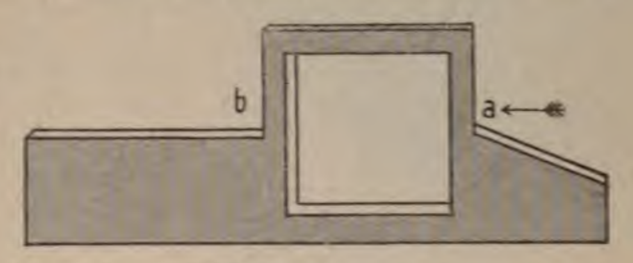


Fig. 26.

Eine Wechselvorrichtung, welche Ähnlichkeit mit derjenigen von Petzold (Fig. 26) hat, ist von O. Treue[1]) erfunden: Jedes einzelne Bild steckt in einem kleinen Rähmchen (Fig. 25, *b* bis *g*); diese Rähmchen sind nach Art eines Leporelloalbums lose miteinander verbunden und lassen sich über die Bildbühne hinwegziehen. Wer 100 Bilder projizieren will, muss 100 Rähmchen haben. Der grosse Vorzug dieser Einrichtung beruht darauf, dass man in aller Ruhe zu Hause die Bilder in die Rahmen einstecken kann; jede Verwechselung und jedes

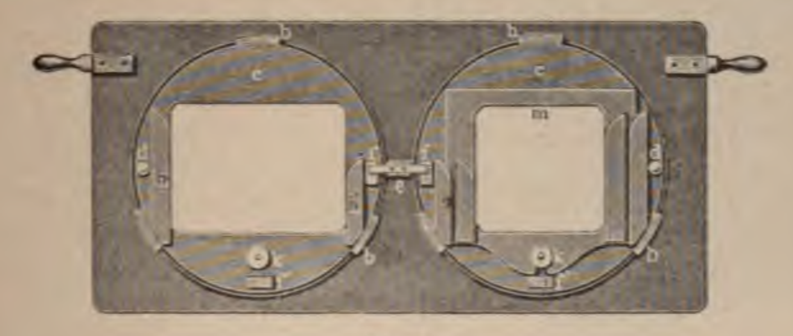


Fig. 27.

verkehrte Hineinstecken während der Vorführung bleibt ausgeschlossen. Das Dutzend Rähmchen dieser Art kostet bei Kampehl (Berlin, Potsdamerstr. 35) 6 Mk. Will man hiermit verschiedene Bildformate in bunter Reihe projizieren, so müssen Rähmchen für die verschiedenen Plattengrössen besonders gefertigt und in richtiger Reihenfolge aneinandergefügt sein.

Eine eigenartige Wechselvorrichtung für verschiedene Formate gab Dr. W. Behrens[2]) an. Eine schwarz lackierte Aluminiumplatte (Fig. 27) besitzt zwei kreisförmige Ausschnitte von 13 cm Durchmesser. Über diesen

[1]) Photogr. Rundschau 1896, Heft 7, S. 220.
[2]) Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie Bd. 15, 1898, S. 7.

kreisen in Messingführungen *b* zwei bewegliche Aluminiumscheiben *c* durch Fingerdruck auf die Knöpfe *d*. Diese kreisende Bewegung wird durch die Einschnappfeder *e* und die Stahlklötze *f* und *f'* auf genau 90° beschränkt. Die Drehscheiben *c* haben einen mittleren Ausschnitt von 8 × 11 cm, an dessen Schmalseiten die Führungsschienen *h* und *h'* angeschraubt sind; von diesen ist die längere *h* innen mit Klemmfeder versehen. In diese Schienen passt ein Diapositiv von 9 × 12 cm. Die in der Figur angegebene Stellung links würde einem Querbilde entsprechen. Will man ein Hochbild projizieren, so drückt man den Knopf *d* nach unten; dabei löst sich der Klotz *f* von der Feder *e* und die Scheibe bewegt sich, bis der Klotz *f'* in *e* einschnappt, womit das Hochbild die für die Projektion richtige Stellung hat. Sollen Glasbilder kleineren Formates benutzt werden, so schiebt man in *h h'* einen entsprechenden Einsatzrahmen *m* und fixiert ihn durch Anziehen des Schraubenkopfes *k*. Auf der rechten Seite der Figur ist ein solcher Rahmen für Bilder 8,5 × 8,5 cm dargestellt.



Fig. 28.

Das Hinüberlangen über den Apparat, um das Bild auf der anderen Seite in den Schieber einzustecken, wird als unangenehme Belästigung beim Bedienen des Projektionsapparates empfunden. Man konstruierte deshalb Einseitbildhalter, bei denen das Einstecken und Herausnehmen der Bilder von derselben Seite aus bewerkstelligt wird. Genannter Zweck lässt sich erreichen, wenn der Bildschieber nicht wagerecht, sondern senkrecht vor dem Kondensor angebracht ist. Durch einschnappende Federn wird der Schieber festgehalten, wenn das obere oder das untere Bild unmittelbar vor der Beleuchtungslinse steht. Natürlich lassen sich auch hier mit Hilfe der kleinen Holzrähmchen (Fig. 25, *b* bis *g*) die verschiedensten Formate projizieren.

Auf demselben Prinzipe beruht die von J. A. Gordes erfundene, von der Firma Liesegang (Düsseldorf) in den Handel gebrachte Wechselvorrichtung „Velotrop"[1] (Fig. 28). Die Bilder werden oben eingesetzt und durch eine Sperrvorrichtung festgehalten. Zwei Diapositive stehen übereinander: das erste unmittelbar vor dem Kondensor, das andere über demselben. Ist das erste

[1]) Laterna magica Nr. 50, S. 39.

Bild genügend lange projiziert, so bewirkt ein Druck auf die Gummibirne, dass die Sperrvorrichtung ausgelöst wird und beide Bilder herunterfallen. Dabei gelangt das bisher vor dem Kondensor befindliche in den untersten Abschnitt des Wechselrahmens und kann aus demselben von der Seite herausgezogen werden. Das zweite Bild steht nunmehr vor dem Kondensor, und es ist oben Platz für das nächstfolgende frei geworden. Während des ruckweise erfolgenden Wechselns wird das Gesichtsfeld automatisch durch zwei Klappen verdunkelt, die sich zwischen Glasbild und Projektionsobjektiv befinden. Mit Hilfe der Rähmchen lassen sich auch hier Bilder der verschiedensten Formate projizieren. Ein Vorzug dieser Wechselvorrichtung ist, dass man die Bilder beim Herausnehmen aus dem Rahmen an der Seite fassen kann, ferner dass der Vortragende selbst (durch Druck auf die Gummibirne) das Erscheinen des neuen Bildes veranlasst, ohne von demjenigen abhängig zu sein, der das Einstecken und Herausnehmen der Glasbilder besorgt.



Fig. 29.

Eine ähnliche Einrichtung, bei der durch Drehen einer Schraube das vor dem Kondensor stehende Bild fortbefördert wird und dann an die Stelle desselben das nächstfolgende Bild von oben herabfällt, beschrieb schon vor Jahren Mc. Kean (Laterna magica 1884, Heft 1, S. 2).

Eine Verbindung der senkrechten mit der wagerechten Verschiebbarkeit des Bildträgers ist in Fig. 29 dargestellt: der mittels des Handgriffes *a* senkrecht verschiebbare Rahmen besitzt zwei übereinander angebrachte Führungen für die in wagerechter Richtung verschiebbaren Schiebebretter. Das obere dieser Schiebebretter ist beispielsweise für Hochformat, das untere für Querformat eingerichtet. Störend bei dieser Vorrichtung bleibt, dass die Einstecköffnungen des unteren Rahmens nur zugänglich sind, wenn der obere Rahmen sie nicht verdeckt.

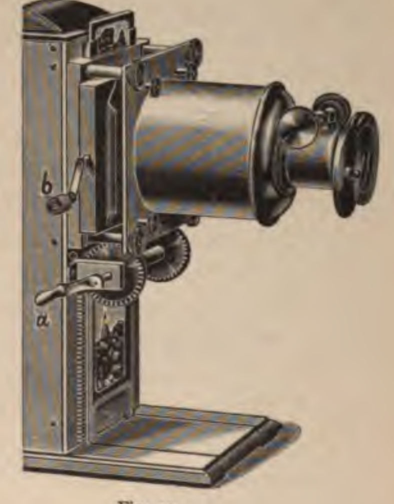


Fig. 30.

Der Wunsch, eine schnelle und ununterbrochene Wechselung der Bilder zu ermöglichen, gab noch zu verschiedenen anderen Konstruktionen Veranlassung, von denen wir einige kurz erwähnen wollen. Bei der in Fig. 30 dargestellten Vorrichtung werden die Bilder unterhalb des Kondensors in Nuten gebracht und nun durch Umdrehung der Kurbel *a* in die Höhe

gehoben, bis sie vor dem Kondensor von Federn erfasst und im Fokus gehalten werden. Bei weiterer Drehung derselben Kurbel kommen die Bilder oben zum Vorschein und werden herausgenommen. Durch die Kurbel *b* wird das Gesichtsfeld verdunkelt, während die Kurbel *a* gedreht wird. Genannte Wechselvorrichtung wird von der Firma Unger u. Hoffmann (Dresden) in den Handel gebracht.

Die von Allen [1]) angegebene Wechselvorrichtung ähnelt dem in Magazinkameras vorhandenen Mechanismus, wo die Platten durch einen einzigen Handgriff ausgewechselt werden. Die Glasbilder befinden sich, bis 50 an der Zahl, in einem Nutenkasten unterhalb des Projektionsapparates. Dreht man eine Kurbel, so spielt sich folgender Vorgang ab: Das erste Glasbild wird aus dem Nutenkasten gehoben und vor den Kondensor gebracht; sobald dies geschehen, öffnet sich der Objektivverschluss, und das Bild wird auf dem weissen Schirm sichtbar. Bei der zweiten Drehung der Kurbel schliesst sich der Objektivdeckel, das vor dem Kondensor befindliche Bild wird in den Nutenkasten zurückbefördert, der Kasten eine Nummer vorgeschoben, das nächste Bild aus dem Kasten gehoben und in die Bildbühne gebracht und schliesslich der Objektivverschluss geöffnet. Derselbe Vorgang spielt sich in gleicher Weise bei jeder folgenden Drehung der Kurbel ab. Das alles geht so schnell, dass man 50 Bilder in einer Minute projizieren kann.

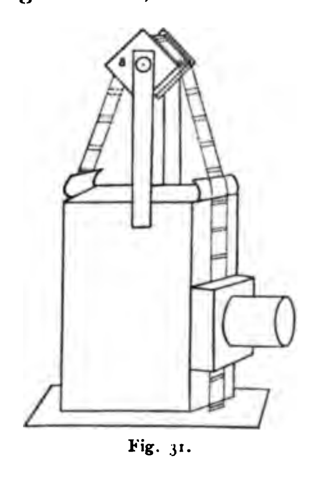


Fig. 31.

Bei einer von Simpson [2]) angegebenen Konstruktion werden die Bilder der Reihe nach in federnde Halter gesteckt, welche durch eine endlose Kette vereinigt sind. Die Kette läuft unterhalb der Bildbühne über eine Achse und wird durch einen Mechanismus weiterbewegt, so dass ein Bild nach dem anderen nach oben kommt. Das oben stehende Bild wird durch einen Hebel mit zwei Gummirollen, der von oben her wirkt, in die richtige Lage gebracht. Während des Wechselns hebt der Mechanismus den Hebel empor, so dass das Bild frei wird und sich mit der Kette weiterbewegen kann. Der Wechselvorgang wird durch eine Blende verdeckt. Der Mechanismus kann, wie beim Velotrop, auf beliebige Entfernung hin in Thätigkeit gesetzt werden.

Schnellwechselvorrichtungen sind keineswegs eine Errungenschaft der Neuzeit. Schon vor mehr als 20 Jahren hat Thomson etwas Ähnliches konstruiert (Fig. 31). Die Bilder waren auf der rings um den Apparat und vor dem Kondensor vorbeilaufenden Doppelkette befestigt. Durch Drehen des viereckigen Klotzes *a* bewegt man die Kette um eine Bildlänge vorwärts.

Dergleichen komplizierte Wechselvorrichtungen haben sich bisher nirgends eingebürgert und werden sich auch in Zukunft nicht einbürgern. Der hohe

[1]) Laterna magica Nr. 60, S. 72.
[2]) Laterna magica Nr. 60, S. 74.

Preis derselben steht in keinem Verhältnis zu den damit gewonnenen Vorteilen. Auch ist bei komplizierten Einrichtungen stets die Gefahr vorhanden, dass dieselben während der Projektion in Unordnung geraten und die Vorstellung in unliebsamer Weise unterbrechen. Die einfachste Wechselvorrichtung, welche gestattet, Bilder der verschiedensten Formate zu projizieren, bleibt die beste.

Mit Stillschweigen können wir über diejenigen Bildhalter hinweggehen, welche zu den früher so beliebten Verwandlungen und Farbenspielen dienen. Durch die gewaltigen Fortschritte der Photographie, insbesondere durch Erfindung des Kinematographen, sind die alten Bewegungs- und Verwandlungsbilder, welche vor Jahrzehnten ein schaulustiges Publikum ergötzten, in die Kinderstube zurückgedrängt.

Das Projektionsobjektiv

und die Wechselbeziehungen zwischen Objektiv und Kondensor.

Das zur Projektion benutzte Objektiv hat dem Glasbilde gegenüber andere Aufgaben zu erfüllen, als z. B. ein photographisches Objektiv, mit dem man ein vorhandenes Papierbild vergrössern will. Bei letzterem muss, um haarscharfe Vergrösserung zu erzielen, die Korrektion möglichst gut sein, weil die von demselben Bildpunkte ausgehenden Strahlen auf jeden Teil der Linse fallen und wieder auf denselben Punkt im vergrösserten Bilde hingeleitet werden. Das zu projizierende Glasbild wird dagegen in ganz bestimmter Richtung von den von der Lichtquelle ausgehenden Strahlen durchsetzt, und die Strahlen, welche einen bestimmten Punkt des Diapositivs passiert haben, fallen (durch die Bildschicht mehr oder minder geschwächt) auf einen bestimmten Punkt der Linse. Diejenigen Strahlen z. B., welche die Mitte des Diapositivs passierten, gelangen nur auf die Mitte des Projektionsobjektivs — vorausgesetzt, dass man mit einer punktförmigen Lichtquelle arbeitet. Daraus ergiebt sich, dass für Projektionsobjektive besonders gute Korrektion nicht unbedingt erforderlich ist. Allerdings muss die Farbenzerstreuung beseitigt sein, weil sonst das Bild auf der weissen Wand Farbensäume zeigen würde.

Bei flächenhaften Lichtquellen (z. B. Petroleum- und Auerlicht, in geringerem Grade schon bei Kalklicht) liegen die Verhältnisse verwickelter: jeden Punkt des Glasbildes durchsetzt ein Bündel von Strahlen, die sich nach den verschiedensten Richtungen hin durchkreuzen und deren Öffnungswinkel von der Grösse der Lichtquelle abhängt. Infolgedessen hat auch jedes Bündel der Strahlen, welche die Projektion bewirken, einen Öffnungswinkel, welcher mit dem Wachsen der Lichtquelle an Grösse zunimmt. Hier liefern die bestkorrigierten Objektive schärfere Bilder als mangelhaft korrigierte; jedoch erreicht das mit der flächenhaften Lichtquelle erzeugte Bild niemals die vollendete Schärfe, welche ein mit punktförmiger Lichtquelle hervorgebrachtes zeigt.

Neben der besprochenen findet, worauf wir schon früher (S. 7) aufmerksam machten, noch eine andere Art der Abbildung des Diapositivs durch das Projektionsobjektiv statt: jeder von Lichtstrahlen durchsetzte Punkt des Glasbildes wird selbstleuchtend und sendet Strahlen nach allen Richtungen hin; das Diapositiv wirkt in Bezug auf das Objektiv hier also genau so, wie ein hellbeleuchtetes Papierbild, welches wir vergrössern wollen, und ein gut korrigiertes Objektiv muss eine wesentlich bessere Vergrösserung auf dem weissen Schirm geben, als ein mangelhaft korrigiertes. Hierzu ist jedoch zu bemerken, dass diese zweite Art der Abbildung des Diapositivs ein sehr viel lichtschwächeres Bild liefert, als die oben besprochene erste Art, und dass es daher nicht nötig ist, aus Rücksicht auf diese zweite Art der Abbildung für die Projektion ein besonders kostbares Objektiv zu wählen.

In Bezug auf Ebenheit des Bildfeldes und Randschärfe behalte man folgendes im Auge: Bei der Projektion liegen die Verhältnisse umgekehrt, wie bei der photographischen Aufnahme; wir können uns vorstellen, dass das Bild auf dem weissen Schirm die Landschaft ist, welche wir aufnehmen wollen; unser Glasbild entspricht dem Negativ der photographischen Kamera. Da nun bei der Projektion das Bildformat zwischen 7×7 und 11×11 cm schwankt, so hat das Objektiv nur eine kleine Platte auszuzeichnen; dasselbe leistet dies um so leichter, als es sich der Regel nach um Objektive von erheblicher Brennweite (20—35 cm) handelt.

Das Mehr an geschnittener Schärfe, welches sich auf der weissen Wand durch Benutzung teuerster Objektive überhaupt erzielen lässt, kommt dem Zuschauer kaum zur Wahrnehmung, weil er sich in viel zu grosser Entfernung vom Bilde befindet.

Gegen die Anwendung der teuersten Objektive spricht der Umstand, dass dieselben bei der Projektion gefährdet werden. Da man nämlich das Objektiv dort aufstellt, wo die vom Kondensor kommenden Strahlen zusammenlaufen, so ist hier, wenigstens bei elektrischem Bogenlicht, die Erwärmung sehr gross, und wenn man nicht eine Kühlkammer anwendet, so schwebt das Objektiv in beständiger Gefahr, dass der die Linsen verbindende Kanadabalsam schmilzt oder gar die Linsen springen.

Das Objektiv ist am Projektionsapparat so anzubringen, dass diejenige Seite, welche bei der photographischen Aufnahme dem aufzunehmenden Gegenstande zugekehrt ist, bei der Projektion dem weissen Schirm zugewendet wird. Um schnell scharf einstellen zu können, muss die Fassung mit Zahn und Trieb versehen sein. Scharfeinstellung mittels einfacher Schiebhülse oder Spiralführung ist bei weitem nicht so bequem, wie diejenige mit Zahn und Trieb, und giebt leicht zu ruckweisem Verschieben des Objektivs Veranlassung. Um ohne weiteres Objektive mit verschiedenen Brennweiten benutzen zu können, ist die Einrichtung zweckmässig, wie sie in Fig. 5 (S. 6) dargestellt ist.

Früher wurde für die Aufstellung des Projektionsobjektivs die Regel als allgemein gültig anerkannt, dass sich die vom Kondensor kommenden Strahlen in der Blendenebene des Objektivs schneiden müssen, dass also das vom

Kondensor entworfene Bild der Lichtquelle in der Blendenebene liegt.[1]) Wäre diese Regel richtig, so würde die Brennweite des Projektionsobjektivs von der Brennweite der Kondensorvorderlinse abhängig sein. Da wegen der unvermeidlichen Dicke des Bildhalters das Bild ungefähr in 1 cm Entfernung von der Vorderlinse des Kondensors sich befindet und der weisse Schirm nicht in unendlicher Entfernung vom Projektionsobjektiv aufgestellt ist, so müsste, damit das Licht im Kondensor achsenparallel bleibt, die Brennweite des Objektivs um durchschnittlich 2 bis 3 cm geringer sein, als die Brennweite der Vorderlinse des Kondensors. Man bezog die Brennweite des Objektivs auch auf die Gesamtbrennweite des Kondensors. Bei dem zweiteiligen, aus zwei gleichen, plankonvexen Linsen bestehenden Kondensor würde die Brennweite des Objektivs etwas kürzer sein müssen, als die doppelte Brennweite des Kondensors; bei dem dreiteiligen trifft dies nicht zu, und hier ist nur die Brennweite der Vorderlinse maassgebend.

Nun ist aber genannte Regel in dieser Allgemeinheit nicht richtig; die Verhältnisse liegen vielmehr recht verwickelt. Theoretisch das Richtigste ist, wenn der Kondensor zusammen mit der Hinterlinse des Objektivs (d. h. derjenigen Linse, welche dem Kondensor zugekehrt ist) ein Bild der Lichtquelle in der Ebene der Objektivblende erzeugt, und wenn dieses Bild mindestens so gross ist, dass es die Blendenöffnung voll ausfüllt. Im allgemeinen wird dann die Hinterlinse des Objektivs von dem Strahlenkegel ausgefüllt. Das Bild der Lichtquelle, welches der Kondensor für sich allein entwirft, wird nach Wegnahme des Objektivs nicht an der Stelle liegen, wo sich die Objektivblende befand. Ohne weiteres haben wir diese Verhältnisse nur bei ausgedehnten Lichtquellen, z. B. Auerlicht. Bei punktförmigen Lichtquellen füllt das Bild derselben die volle Öffnung der Objektivblende in der Regel nicht aus, und man hat infolgedessen nicht die grössterreichbare Helligkeit. Letztere lässt sich steigern, wenn man die Anordnung so trifft, dass der Strahlenkegel doch die volle Öffnung der Objektivblende und damit auch ungefähr die volle Öffnung der dem Kondensor zugekehrten Objektivlinse ausfüllt. Dabei rückt der Schnittpunkt der vom Kondensor kommenden Strahlen aus der Blendenebene heraus und fällt mehr oder weniger weit zwischen Objektivblende und weissen Schirm. Bei dieser Anordnung tritt der Fehler auf, dass die Randschärfe des Bildes abnimmt, weil nunmehr das ausserhalb der Objektivblende liegende Bild der Lichtquelle die Rolle der Blende übernimmt und das Objektiv für eine derartige Blendenstellung nicht korrigiert ist. Nun muss man im Auge behalten, dass es bei der Projektion

[1]) Streng genommen kann man hier nicht von einem bestimmten Schnittpunkte der Strahlen sprechen, weil wir es bei Kondensoren mit nicht korrigierten Linsen von grossem Durchmesser zu thun haben, bei denen auf der Achse eine grosse Anzahl von Schnittpunkten hintereinander liegt. Als „Schnittpunkt“ rechnet man am besten die engste Einschnürung des Strahlenkegels und nicht die weiter von der Linse entfernt liegende Spitze desselben, wo die Achsenstrahlen das Bild der Lichtquelle entwerfen. In stauberfüllter Luft, noch besser in einer Wolke von Tabaksrauch, lässt sich der Ort der engsten Einschnürung deutlich erkennen.

im wesentlichen auf Helligkeit und erst in zweiter Linie auf geschnittene Randschärfe ankommt. Ein weniger helles, aber geschnitten scharfes Bild macht leichter den Eindruck der Unschärfe, als ein am Rande nicht ganz scharfes, dafür aber sehr helles Bild.

In Anbetracht dieser Verhältnisse kann man die durch das Experiment vollständig bestätigte Regel aufstellen (welche im Handbuch der Photographie von Pizzighelli 1891, Bd. I, S. 393 schon richtig angegeben ist), dass die günstigste Stellung des Objektivs in Bezug auf gleichmässige Erhellung des Bildfeldes und beste Ausnutzung der Lichtquelle diejenige ist, wo der vom Kondensor kommende Lichtkegel die (dem Kondensor zugekehrte) Hinterlinse des Objektivs eben bedeckt.[1])

Infolgedessen kann man von einer Abhängigkeit der Brennweite des Objektivs von der Brennweite der Kondensorlinsen in dem auf S. 35 gedachten Sinne nicht sprechen, denn es spielen zwei Faktoren eine maassgebende Rolle: Brennweite und Linsendurchmesser. Man kann durch grösseren Linsendurchmesser die zu geringe Brennweite — und umgekehrt — ausgleichen. Bei gleicher Brennweite zweier Objektive wird dasjenige mit grösserem Linsendurchmesser einen Kondensor mit grösserer Brennweite oder grösserem Linsendurchmesser erfordern. Grösserer Linsendurchmesser des Kondensors wirkt in gleichem Sinne, wie grössere Brennweite desselben, weil beides in gegebenem Abstande vom Kondensor einen grösseren Durchmesser des Lichtkegels zur Folge hat.

Bei zwei Objektiven mit gleichem Linsendurchmesser aber ungleicher Brennweite gehört zu demjenigen mit grösserer Brennweite auch ein Kondensor mit grösserer Brennweite oder grösserem Linsendurchmesser.

Statt durch Änderungen in der Brennweite oder im Linsendurchmesser des Kondensors die Breite des Lichtkegels dem Objektiv anzupassen, kann dies auch durch Verschieben der Lichtquelle geschehen. Allerdings bleibt dann das Licht im Kondensor nicht mehr achsenparallel, und es erwachsen hieraus unter Umständen erhebliche Nachteile. Bei Prüfung dieser Verhältnisse lernen wir die Fälle kennen, wo es ohne Nachteil statthaft ist, von der Forderung des achsenparallelen Lichtes zwischen den plankonvexen Linsen abzustehen.

Der Linsendurchmesser des Objektivs wird zwischen 3 und 9 cm schwanken. Bei kleinerem Durchmesser als 3 cm begegnet man schon beim Kalklicht Schwierigkeiten, den Lichtkegel in das Objektiv hinein zu bekommen.

[1]) In welcher Weise es sich auf dem weissen Schirm äussert, wenn das Objektiv nicht so aufgestellt ist, dass der vom Kondensor kommende Lichtkegel die Hinterlinse des Objektivs eben bedeckt, davon werden wir in dem Abschnitte über die Lichtquellen sprechen. Man behauptete, dass, wofern die Hinterlinse des Objektivs von dem Strahlenkegel nicht ganz bedeckt wird, man die hieraus sich ergebenden Nachteile dadurch korrigieren könne, dass man am Objektiv eine Hinterblende anbringt. Abgesehen von der theoretischen Unmöglichkeit einer Verbesserung der Lichtverhältnisse durch die Hinterblende, lehrt der einfache Versuch, dass durch eine Hinterblende nichts weniger als Verbesserung der Lichtverhältnisse herbeigeführt wird.

Bei grösserem Durchmesser als 9 cm werden die Objektive sehr teuer. In Verbindung mit den kleinsten Kondensoren (10 cm) würden grössere Objektive als solche mit 8 bis 9 cm Linsendurchmesser nicht mehr verwendbar sein, weil in einigem Abstande vom Kondensor der Durchmesser des konvergierenden Strahlenkegels unter dieser Grösse bleibt.

In welcher Weise sich bei gegebenem Kondensor durch die notwendige Verschiebung der Lichtquelle die Lichtverhältnisse ändern, wenn man die Brennweite der Objektive oder ihren Linsendurchmesser ändert, wollen wir nunmehr an der Hand einiger Beispiele untersuchen. Zuerst nehmen wir den Linsendurchmesser des Objektivs als unverändert an und wechseln nur mit der Brennweite.

Unser dreiteiliger Kondensor, an dem wir die Prüfung vornehmen, hat 16 cm Linsendurchmesser und eine Gesamtbrennweite von 12 cm; bei achsenparallelem Licht zwischen den plankonvexen Linsen ist der Brennpunktabstand von der Vorderfläche der plankonvexen Vorderlinse 28 cm. Die zusammenfallend gedachten Hauptpunkte[1]) des Kondensors liegen 5 cm von der dem Objektiv zugekehrten Vorderfläche und 6,5 cm von der Hinterfläche der Meniskuslinse entfernt. Wir benutzen mit diesem Kondensor zuerst ein Objektiv, welches richtig aufgestellt[2]) einen solchen Abstand vom Kondensor hat, dass die Strahlen zwischen den plankonvexen Beleuchtungslinsen achsenparallel sind, dass die Lichtquelle also einen Abstand v von der Meniskuslinse von 12,4 cm erhält und der Durchmesser der wirksamen Öffnung (s. S. 10 Fussnote) der Meniskuslinse 12 cm beträgt.[3]) Nehmen wir an, die Brennweite eines Objektivs, welches diese Bedingung bei einem Abstande des weissen Schirms von 7 m[4]) erfüllt, sei 26 cm.

---

[1]) Die beiden Hauptpunkte — von deren einem der Gegenstand und von deren anderem das Bild unter demselben Winkel gesehen wird — liegen beim symmetrisch gebauten zweiteiligen (nicht aber beim dreiteiligen) Kondensor in der Mitte des Kondensors.

[2]) D. h. so, dass der vom Kondensor kommende Lichtkegel die Hinterlinse eben bedeckt. Um die nachfolgenden Rechnungen möglichst zu vereinfachen, setzen wir voraus, dass, wenn der vom Kondensor kommende Lichtkegel die Hinterlinse eben bedeckt, sich die Strahlen in der Blendenebene des Objektivs schneiden.

[3]) Der Abstand v wird berechnet aus der Formel $x = \frac{y \cdot f_1}{y - f_1}$, wobei f_1 die Brennweite des Kondensors (also 12 cm), y den Abstand des Schnittpunktes der aus dem Kondensor austretenden Strahlen von dem Hauptpunkte des Kondensors (also $28 + 5 = 33$ cm) und x den Abstand der Lichtquelle von dem Hauptpunkte des Kondensors (also $v + 6{,}5$ cm) bezeichnet.

$$x = \frac{33 \cdot 12}{33 - 12} = 18{,}9; \quad v = 18{,}9 - 6{,}5 = 12{,}4 \text{ cm}.$$

[4]) Ändert sich der Abstand des weissen Schirms, so ändert sich der Abstand des Objektivs vom Diapositiv und demgemäss auch der Abstand der Lichtquelle vom Kondensor. Der Unterschied $(b - f)$ zwischen Abstand des Hauptpunktes (der Blendenebene) des Objektivs vom Diapositiv b und Brennweite des Objektivs f ergiebt sich aus folgender Formel: $b - f = \frac{f^2}{a - f}$, in der a den Abstand der Blendenebene des Objektivs von der weissen Wand bedeutet.

Nunmehr verwenden wir ein Objektiv mit gleichem Linsendurchmesser, aber von 35 cm Brennweite. Der Abstand des weissen Schirms bleibt derselbe (7 m). In diesem Falle bleibt der Hauptpunkt des Objektivs vom Diapositiv 36,8[1]) cm, von der planen Vorderfläche des Kondensors 37,8 cm (da der Abstand des Diapositivs vom Kondensor 1 cm beträgt) und von dem Hauptpunkte des Kondensors $37{,}8 + 5 = 42{,}8$ cm entfernt. Die Lichtquelle erhält demnach einen Abstand v von der Meniskuslinse von 10,2 cm. Der Durchmesser der wirksamen Öffnung der Meniskuslinse beträgt in diesem Falle 10,7 cm. Hieraus ergiebt sich, dass die vom Kondensor in Verbindung mit Objektiv von 35 cm Brennweite aufgenommene Lichtmenge zu der vom Kondensor in Verbindung mit Objektiv von 26 cm Brennweite aufgenommenen Lichtmenge sich verhält wie 1,19 : 1 (s. S. 16).[2]) Die Lichtverhältnisse liegen also bei dem Objektiv mit der längeren Brennweite etwas günstiger. Eine weitere erhebliche Vergrösserung der Brennweite ist schon deshalb ausgeschlossen, weil man dann mit der Lichtquelle zu nahe an die hintere Beleuchtungslinse herangehen müsste.

Nunmehr der zweite Fall, wo bei gleichem Objektiv-Linsendurchmesser die Brennweite des Objektivs kleiner ist, als sie sein müsste, um achsenparalleles Licht zwischen den plankonvexen Beleuchtungslinsen zu haben. Das Objektiv habe 20 cm Brennweite. Bei demselben Abstande des weissen Schirms vom Objektiv (7 m) bleibt der Hauptpunkt des Objektivs vom Diapositiv 20,6 cm, von der planen Vorderfläche des Kondensors also 21,6 cm und von dem Hauptpunkte des Kondensors 26,6 cm entfernt. Die Lichtquelle erhält demnach einen Abstand v von der Meniskuslinse von 15,4 cm. Der Durchmesser der wirksamen Öffnung der Meniskuslinse beträgt in diesem Falle 13 cm. Hieraus ergiebt sich, dass die vom Kondensor in Verbindung mit Objektiv von 20 cm Brennweite aufgenommene Lichtmenge zu der vom Kondensor in Verbindung mit Objektiv von 20 cm Brennweite aufgenommenen Lichtmenge sich verhält wie 1,29 : 1. Die Lichtverhältnisse gestalten sich also bei Benutzung von Objektiven mit kurzer Brennweite ungünstig. Gleichzeitig tritt hierbei

---

[1]) $b - f = \frac{f^2}{a - f} = \frac{35 \cdot 35}{700 - 35} = 1{,}8$ cm.

[2]) Stillschweigende Voraussetzung ist hierbei, dass, wie dies in der Regel zutrifft, das Objektiv mit längerer Brennweite auch etwas länger gebaut ist, wie dasjenige mit kürzerer Brennweite; denn die Rechnungen, durch welche bei gegebenem Abstande des weissen Schirms und gegebener Brennweite des Objektivs der Abstand des letzteren vom Diapositiv und Kondensor ermittelt wird, beziehen sich stets auf den Hauptpunkt und nicht auf die Hinterlinse des Objektivs. Liegt bei demselben Kondensor der Schnittpunkt der Strahlen von der Vorderfläche des Kondensors weiter entfernt — wie dies bei Objektiven von längerer Brennweite notwendig wird —, so ist der Durchmesser des Strahlenkegels in gleichem Abstande von diesem Schnittpunkte kleiner. Man sieht also, dass, will man die in Frage stehenden Verhältnisse richtig beurteilen, viele Dinge zu berücksichtigen sind. Auf der anderen Seite darf man nicht vergessen, dass der Durchschnitt des Strahlenkegels selbst bei der punktförmigen Lichtquelle niemals ein scharf begrenzter Kreis ist, dass also geringfügige Unterschiede im Abstande der Hinterlinse des Objektivs vom Kondensor keine Rolle spielen.

eine fatale Erscheinung auf: die Strahlen konvergieren bereits im Kondensor, bevor sie die Vorderfläche der vordersten Beleuchtungslinse erreichen. Infolgedessen kann es sich ereignen, dass es nicht mehr gelingt, das zu projizierende Diapositiv bis in die Ecken gleichmässig zu erleuchten. In dem soeben besprochenen Falle hat z. B. die wirksame Öffnung der Kondensorvorderlinse bei Benutzung des Objektivs von 20 cm Brennweite nur noch einen Durchmesser von 14 cm, so dass man damit Diapositive im Format 9 × 12 cm überhaupt nicht mehr projizieren kann.

Als Regel ergiebt sich also, dass man bei demselben Kondensor und bei gleich bleibendem Durchmesser der Objektivlinsen wohl Objektive von längerer, nicht aber von kürzerer Brennweite, als einer solchen, die erforderlich ist, um achsenparalleles Licht im Kondensor zu haben, benutzen darf.

Betrachten wir nunmehr den Fall, wo bei gleichbleibender Objektivbrennweite der Durchmesser der Objektivlinsen wechselt: Man muss die Lichtquelle um so mehr von der Kondensorlinse abrücken, je kleiner der Durchmesser der Objektivlinsen ist. Hierbei geht unter allen Umständen Licht verloren, und es tritt leicht der Fall ein, dass die Diapositive nicht mehr gleichmässig bis in die Ecken beleuchtet werden. Wächst dagegen der Linsendurchmesser des Objektivs, so muss man die Lichtquelle näher an die Kondensorlinse heranrücken, damit (bei gleichbleibendem Abstande des Objektivs vom Kondensor) der vom Kondensor kommende Lichtkegel dort den nötigen Durchmesser hat, wo er auf die hintere Objektivlinse trifft. Ein Teil der hierdurch gewonnenen Lichtmenge geht aber dadurch wieder verloren, dass die wirksame Öffnung der Hinterlinse kleiner wird. Wir sahen bei unseren früheren Beispielen, dass bei 15,4 cm Abstand der Lichtquelle von der Meniskuslinse der Durchmesser der wirksamen Öffnung der letzteren 13 cm, dagegen bei 10,2 cm Abstand der Lichtquelle von der Meniskuslinse der Durchmesser der wirksamen Öffnung derselben nur 10,7 cm beträgt. Das sind sehr ins Gewicht fallende Unterschiede. Beispiel: Die Hinterlinse eines Objektivs von 20 cm Brennweite stehe in Entfernung von 17,5 cm von der Vorderfläche des Kondensors und habe einen Durchmesser von 3 cm. Die Lichtquelle hat einen Abstand von 15,4 cm von der Meniskuslinse; der Durchmesser der wirksamen Öffnung der letzteren beträgt 13 cm. Nunmehr ersetzen wir das Objektiv durch ein solches von gleicher Brennweite, aber mit einem Linsendurchmesser von 8,3 cm (der Abstand der Hinterlinse des Objektivs vom Kondensor bleibt derselbe). Damit nun der vom Kondensor kommende Lichtkegel die Hinterlinse eben bedeckt, muss die Lichtquelle bis auf 10,2 cm an die Meniskuslinse herangerückt werden. Der Durchmesser der wirksamen Öffnung der Meniskuslinse beträgt in diesem Falle 10,7 cm. Die vom Kondensor in Verbindung mit dem Objektiv von 3 cm Linsendurchmesser aufgenommene Lichtmenge verhält sich also zu der vom Kondensor in Verbindung mit dem Objektiv von 8,3 cm Linsendurchmesser aufgenommenen Lichtmenge wie 1 : 1,54. Allzu bedeutend ist daher der Lichtzuwachs durch Benutzung des Objektivs mit den sehr viel grösseren Linsen nicht. Insbesondere darf man nicht glauben, dass das Objektiv von 8,3 cm Linsendurchmesser, welches

ungefähr eine 8mal so grosse Linsenoberfläche hat, wie dasjenige von 3 cm Linsendurchmesser, 8mal mehr Licht auf den weissen Schirm wirft.

Aus obigen Erörterungen geht hervor, dass die Lichtverhältnisse stets ungünstiger werden, wenn infolge von zu kurzer Brennweite oder zu kleinem Linsendurchmesser des Objektivs die Lichtquelle weiter vom Kondensor entfernt aufgestellt werden muss, als es notwendig ist, um achsenparalleles Licht im Kondensor zu haben, dass es dagegen kleinen Lichtgewinn bringt, wenn die Lichtquelle näher am Kondensor steht, als dies für achsenparalleles Licht erforderlich ist.

Ist man durch die Verhältnisse gezwungen, ein Objektiv mit kurzer Brennweite anwenden zu müssen, so suche man die hierdurch herbeigeführten Lichtverluste dadurch herabzumindern, dass man ein solches mit grossem Linsendurchmesser verwendet. Langbrennweitige Objektive mit grossem Linsendurchmesser liefern stets die günstigsten Lichtverhältnisse.

Die für frei gestrahltes Licht gültige Regel, dass die Helligkeit proportional dem Quadrate der Entfernung abnimmt, findet für die besonderen Verhältnisse beim Projektionsapparat keine Anwendung, d. h. das von einem langbrennweitigen Objektiv entworfene Bild auf dem weissen Schirm ist deshalb nicht dunkler, als ein gleich grosses, von einem kurzbrennweitigen Objektiv entworfenes, weil im ersteren Falle der Apparat weiter vom weissen Schirm entfernt steht. Vergrössert man dagegen ein Bild von z. B. 2 m Seitenlänge durch Zurückschieben desselben Apparates auf ein solches von 4 m Seitenlänge, so ist letzteres 4mal lichtschwächer, weil sich die vom Apparat entsandte Lichtmenge nunmehr auf einen 4mal grösseren Flächenraum verteilt.

Es giebt eine Methode, nach der man ohne Lichtverluste kurzbrennweitige Objektive bei Kondensoren mit langer Brennweite anwenden kann. Dieselbe findet z. B. bei den von der Firma Zeiss gelieferten Projektionsapparaten (s. Fig. 18, S. 21) Anwendung und besteht darin, dass — bei unverändertem Stande der Lichtquelle und des zweilinsigen Hinterteils des Kondensors[1]) — der einlinsige Vorderteil des letzteren verschiebbar ist. Will man hierbei Objektive von kürzerer Brennweite benutzen, so schiebt man (wenn nötig nach Herausnahme der Kühlkammer) den vorderen Einlinsenteil näher an den hinteren Zweilinsenteil heran; dadurch rückt gleichzeitig der Schnittpunkt der Strahlen näher an das Diapositiv heran, und man kann nun ein Objektiv von kürzerer Brennweite einsetzen, ohne dass im Gange der Strahlen (die innerhalb des Kondensors achsenparallel sind) etwas geändert wird. Der Nachteil ist nur, dass hier das Diapositiv im konvergierenden Strahlenkegel sich schon in beträchtlichem Abstande von der Vorderlinse befindet und daher leicht der Fall eintreten kann, dass das Glasbild nicht mehr bis in die Ecken gleichmässig beleuchtet wird. Will man bei diesem Verfahren Objektive von längerer Brennweite benutzen, so muss der einlinsige Vorderteil durch eine Linse von entsprechend längerer Brennweite ersetzt werden.

[1]) Bei einlinsigem Hinterteil des Kondensors liegen die Verhältnisse genau ebenso.

Wir wollen nunmehr untersuchen, ob die Lichtverhältnisse sich merklich ändern, wenn man bei einem bestimmten Kondensor (z. B. einem dreiteiligen mit 16 cm Linsendurchmesser) und einem beliebigen Objektiv (z. B. 26 cm Brennweite) den weissen Schirm weiter abrückt (z. B. von 7 m auf 10 m). Da das Bild hierbei auf dem weissen Schirm grösser wird, so wird dasselbe auch dunkler; wir wollen jedoch nur wissen, ob etwa aus der notwendigen Verschiebung der Lichtquelle und des Objektivs Änderungen in den vom Kondensor aufgenommenen und in das Bild übergeführten Lichtmengen sich ergeben. Bei Abstand des weissen Schirms von 7 m stehe, damit die Hinterlinse des Objektivs vom Strahlenkegel eben bedeckt wird, die Blendenebene des Objektivs 27 cm vom Diapositiv und 28 cm von der Vorderfläche der vorderen Beleuchtungslinse entfernt. Für den Abstand des weissen Schirms von 10 m sind diese Zahlen dann 26,7 und 27,7 cm, also je 0,3 cm weniger. Infolgedessen rückt auch für den Schirmabstand von 10 m die Lichtquelle etwas weiter von der Meniskuslinse ab. Dies ist jedoch so geringfügig (etwa 1 mm), dass die hierdurch bedingten Lichtverluste nicht wahrnehmbar werden. Umgekehrt ergiebt sich ein verschwindend geringfügiger Lichtgewinn, wenn man den Schirm näher als 7 m vom Objektiv aufstellt. Es gilt hier also die Regel, dass es in Bezug auf die vom Kondensor aufgenommenen Lichtmengen praktisch gleichgültig ist, ob bei demselben Objektiv der weisse Schirm relativ nahe oder relativ fern vom Objektiv aufgestellt wird.

Nicht selten kommen wir in die Lage, ein Objektiv von bestimmter Brennweite wählen zu müssen, weil der Apparat an einer bestimmten Stelle des Saales seine Aufstellung finden und dabei das projizierte Bild einen weissen Schirm von gegebener Grösse bedecken muss. Hier gilt die Formel: $f = \frac{a \cdot B}{G + B}$, wobei f die Brennweite des Objektivs, a den Abstand des Hauptpunktes (bei Doppelobjektiven also der Blendenebene) des Objektivs vom weissen Schirm, B die Grösse des zu projizierenden Diapositivs und G die Grösse des weissen Schirms bedeutet. Nehmen wir an, die Blendenebene des Objektivs sei in 8 m (800 cm) Entfernung vom weissen Schirm aufgestellt, wir wollten Diapositive von 9 × 12 cm projizieren, bei denen also im Bilde die längere Seite 11 cm misst, und die weisse Wand, auf der diese Bilder hoch oder quer projiziert werden sollen, hat 3 m (300 cm) Seitenlänge, so ergiebt sich:

$$f = \frac{a \cdot B}{G + B} = \frac{800 \times 11}{311} = 28,3.$$

Wir müssen also ein Objektiv von 28,3 cm Brennweite verwenden.

Wollen wir dagegen unter sonst gleichen Verhältnissen nur Bilder projizieren, welche das alte Normalformat, also 7 cm Seitenlänge haben, so ergiebt sich $f = \frac{a \cdot B}{G + B} = \frac{800 \times 7}{307} = 18,24$. In diesem Falle müssen wir ein Objektiv von 18,24 cm Brennweite benutzen.

Eine andere Aufgabe ist folgende: Wir wollen mit unserem Projektionsapparat, der ein Objektiv von 25 cm Brennweite besitzt, auf einer weissen Wand mit 4 m (400 cm) Seitenlänge Diapositive vom Format 9 × 12 cm (also 11 cm grösste Seitenlänge des Bildes) hoch oder quer projizieren. Wo haben wir den Apparat aufzustellen, damit die weisse Wand voll ausgenutzt wird? Die Antwort lautet: Wir entfernen den Apparat mehr und mehr von der weissen Wand, bis die längste Seite des Projektionsbildes die weisse Wand genau bedeckt. Dies kann jedoch recht zeitraubend und schwer ausführbar sein, wenn z. B. der Saal amphitheatralisch aufsteigt. Wir nehmen also eine Formel, in der die Buchstaben dieselbe Bedeutung haben, wie bei der vorigen, zu Hilfe:

$$a = \frac{f \cdot (B + G)}{B}.$$

Setzt man die Zahlenwerte ein, so ergiebt sich:

$$a = \frac{26\ (11 + 400)}{11} = 971.$$

Man hat den Apparat also im Abstande von 0,71 m vom weissen Schirm aufzustellen.

Es giebt noch eine andere Methode, um bei einem Projektionsapparat mit Objektiv von gegebener Brennweite und bei gegebener Grösse des weissen Schirms die richtige Stellung des Apparates durch den Versuch zu ermitteln. Dieselbe ist von H. Schmidt (Anleitung zur Projektion, S. 85) angegeben und beruht darauf, dass der Projektionsapparat eine photographische Kamera ist: Man nimmt die Lampe aus dem Apparat und setzt in den Bildhalter an Stelle des Diapositivs eine Mattscheibe ein, auf welcher die Grösse des zu projizierenden Bildes mit Bleistift aufgezeichnet wird. Bei hell erleuchtetem Saale stellt man nun das Objektiv derart ein, dass ein scharfes Bild des weissen Schirms auf der Mattscheibe entsteht. Ist dies Bild kleiner, als der auf der Mattscheibe mit Bleistift aufgezeichnete Ausschnitt, so steht der Apparat zu weit vom weissen Schirm entfernt; ist dies Bild grösser, als genannter Ausschnitt, so muss der Apparat weiter zurückgerückt werden. Der Apparat ist also so lange zu verschieben, bis die vier Kanten des weissen Schirms den auf der Mattscheibe gezeichneten Ausschnitt genau bedecken. Das Verfahren giebt gleichzeitig darüber Aufschluss, ob irgend ein Gegenstand in das die Projektion ausführende Lichtbüschel hineinragt oder nicht. Ist nämlich bei Einstellung des Objektivs kein störender Gegenstand auf der Mattscheibe zu sehen, so ist auch bei der späteren Projektion die weisse Fläche nicht durch den Schatten irgend eines Gegenstandes bedeckt. Sieht man aber schon auf der Mattscheibe den Arm eines Kronleuchters oder dergleichen in das Feld des weissen Schirms hineinragen, so ist dieser Gegenstand auch für die nachfolgende Projektion hindernd und muss beseitigt werden.

Um bei dieser Methode das Bild des weissen Schirms auf der in den Bildhalter eingesetzten Mattscheibe zu sehen, muss man durch die Kondensoren

hindurchblicken; doch wird hierdurch die Kontrolle des Bildes auf der Mattscheibe nicht nennenswert erschwert. Keinesfalls ist es nötig, die Kondensorlinsen herauszunehmen.

Ferner kann die Frage an den Projizierenden herantreten: Werden bei bestimmter Grösse des Projektionsschirms und bei einem fest aufgestellten Apparate mit Objektiv von bestimmter Brennweite die zu projizierenden Diapositive möglicherweise ein so grosses Bild liefern, dass ein erheblicher Teil desselben von der weissen Wand nicht mehr aufgenommen wird? Hier hilft uns die Formel:

$$B = \frac{G\,f}{a - f}.$$

Beispiel: Zu projizieren sind Diapositive im Format 9×12 cm (also 11 cm grösste Seitenlänge des Bildes); das Objektiv hat 20 cm Brennweite; der Apparat ist in 6 m Entfernung von der weissen Wand aufgestellt; letztere hat 2 m Seitenlänge:

$$B = \frac{200 \cdot 20}{600 - 20} = 7.$$

Unter den gegebenen Verhältnissen lassen sich also höchstens Diapositive mit Bildformat 7×7 cm projizieren.

Endlich die Frage: Wie gross muss der weisse Schirm sein, um bei fest stehendem Apparat und mit Objektiv von gegebener Brennweite Diapositive in allen gangbaren Formaten — also bis 11 cm grösste Seitenlänge des Bildes — projizieren zu können?

$$G = \frac{B(a - f)}{f}.$$

Beispiel: Abstand des Apparates von der weissen Wand 10 m. Brennweite des Objektivs 26 cm:

$$G = \frac{11\,(1000 - 26)}{26} = 412.$$

Der weisse Schirm muss in diesem Falle also mindestens 4,12 m Seitenlänge haben.

Um den Projektionsapparat den örtlichen Verhältnissen verschieden grosser Säle und den verschiedenen Bildformaten anpassen zu können, ist es angenehm, Objektive von verschiedener Brennweite zur Verfügung zu haben. Dies wird erleichtert durch die Projektionsobjektivsätze, welche verschiedene optische Institute in den Handel bringen.

Bei Auswahl der Brennweite des Projektionsobjektivs muss man im Auge behalten, dass eine gewisse Vergrösserung des Diapositivs nicht überschritten

werden darf, um nicht die Gesamtwirkung zu beeinträchtigen. Als zweckmässige Linearvergrösserung gilt eine 30fache, so dass

ein Bild von	7 × 7	cm	auf	2,10 × 2,10	m,
„ „ „	7,5 × 9	„	„	2,25 × 2,7	„
„ „ „	8 × 11	„	„	2,4 × 3,3	„

zu vergrössern ist. Nur bei besonders grossen Sälen und intensivsten Lichtquellen (elektrischem Bogenlicht) wird man über diese Maasse hinausgehen, bei schwachen Lichtquellen jedoch erheblich unter denselben bleiben. Ein kleineres, aber helleres Bild ist einem grösseren, aber dunkleren vorzuziehen. Nicht genügend helle Bilder machen den Eindruck der Flauheit und Verschwommenheit. Wird bei ausreichend heller Lichtquelle die Vergrösserung auf dem weissen Schirm sehr weit getrieben, so braucht man deshalb nicht zu fürchten, dass die Bilder wegen zu starker Vergrösserung unscharf erscheinen; denn in diesen Fällen wird der weisse Schirm stets weit vom Zuschauer entfernt sein, so dass die thatsächlich vorhandene leichte Unschärfe nicht zur Wahrnehmung kommt. Hat man die kräftigste Lichtquelle in einem verhältnismässig kleinen Saale zur Verfügung, so lasse man sich dadurch nicht verleiten, die Bilder ungewöhnlich gross zu projizieren. Die Bildwirkung geht vollkommen verloren, wenn der Zuschauer den weissen Schirm nach den einzelnen Abschnitten des Bildes absuchen muss.

In dem Abschnitte über Kondensoren bemerkten wir auf S. 17, dass dreiteilige Kondensoren im allgemeinen 2 bis 3 ½ mal mehr Licht aufzunehmen im stande sind, wie gleich grosse zweiteilige. Nachdem wir nunmehr die Wechselwirkungen zwischen Kondensor und Objektiv kennen gelernt haben, wollen wir an der Hand einiger Beispiele prüfen, wie gross im bestimmten Falle die Überlegenheit des dreiteiligen über den zweiteiligen Kondensor ist.

Zum Vergleiche benutzen wir den bereits mehrfach erwähnten dreiteiligen Kondensor (s. S. 37). Durch Abnehmen der Meniskuslinse lässt sich derselbe in einen zweiteiligen verwandeln. Der Durchmesser der plankonvexen Linsen ist 16 cm; da hiervon 0,5 cm auf die Fassung entfällt, so ist der Durchmesser der freien (und daher bei achsenparallelem Licht auch der wirksamen) Öffnung 15,5 cm; freier Durchmesser der Meniskuslinse 14,5 cm; Brennweite des zweiteiligen Kondensors 15,5 cm; Dicke des zweiteiligen Kondensors 7 cm.

Wir wollen nun unter Voraussetzung einer punktförmigen Lichtquelle vergleichen, wie sich die vom zwei- und dreiteiligen Kondensor aufgenommenen Lichtmengen verhalten:

1. bei Benutzung eines Objektivs mit 20 cm Brennweite,
2. bei Benutzung eines Objektivs mit 26 cm Brennweite,
3. bei Benutzung eines Objektivs mit 35 cm Brennweite.

Der Abstand der weissen Wand betrage in allen Fällen 7 m.

Zu Nr. 1. Die Lichtquelle habe bei dem dreiteiligen Kondensor einen Abstand von 15,4 cm von der Meniskuslinse, damit der vom Kondensor kommende Lichtkegel die Hinterlinse eben bedeckt. Der Durchmesser der wirksamen Öffnung der Meniskuslinse beträgt dann 13 cm. Bei dem zweiteiligen muss die Lichtquelle 37 cm von der Hinterlinse des Kondensors entfernt stehen, damit die gleiche Wirkung in Bezug auf Bedeckung der Hinterlinse des Objektivs erreicht wird. Die wirksame Öffnung der Kondensorhinterlinse hat dann einen Durchmesser von 15,5 cm. Hieraus ergiebt sich, dass die vom zweiteiligen Kondensor aufgenommene zu der vom dreiteiligen Kondensor aufgenommenen Lichtmenge sich verhält wie 1 : 4. Nun ist aber die Lichtmenge (etwa 20 Prozent; s. S. 14) in Abzug zu bringen, die von der Meniskuslinse absorbiert und reflektiert wird. Der dreiteilige 16 cm-Kondensor nimmt hier also 3,2 mal so viel Licht auf, wie der zweiteilige. Die in diesem Falle ungewöhnlich grosse Überlegenheit des dreiteiligen hat zum Teil darin seinen Grund, dass bei weitem Zurückrücken der Lichtquelle bei dem zweiteiligen die wirksame Öffnung der Hinterlinse nicht grösser werden kann als 15,5 cm.

Zu Nr. 2. Die Lichtquelle habe bei dem dreiteiligen Kondensor einen Abstand von 12,4 cm von der Meniskuslinse, damit der vom Kondensor kommende Lichtkegel die Hinterlinse eben bedeckt. Der Durchmesser der wirksamen Öffnung der Meniskuslinse beträgt dann 12 cm. Bei dem zweiteiligen muss die Lichtquelle 28 cm von der Hinterlinse des Kondensors entfernt stehen, damit die gleiche Wirkung in Bezug auf Bedeckung der Hinterlinse des Objektivs erreicht wird. Die wirksame Öffnung der Kondensorhinterlinse hat dann einen Durchmesser von 15,5 cm. Hieraus ergiebt sich, dass die vom zweiteiligen Kondensor aufgenommene zu der vom dreiteiligen Kondensor aufgenommenen Lichtmenge (nach Abzug der durch Absorption und Reflexion in der Meniskuslinse verloren gehenden 20 Prozent) sich verhält wie 1 : 2,4.

Zu Nr. 3. Die Lichtquelle habe bei dem dreiteiligen Kondensor einen Abstand von 10,2 cm von der Meniskuslinse, damit der vom Kondensor kommende Lichtkegel die Hinterlinse eben bedeckt. Der Durchmesser der wirksamen Öffnung der Meniskuslinse beträgt dann 10,7 cm. Bei dem zweiteiligen muss die Lichtquelle 21,3 cm von der Hinterlinse des Kondensors entfernt stehen, damit die gleiche Wirkung in Bezug auf Bedeckung der Hinterlinse des Objektivs erreicht wird. Die wirksame Öffnung der Kondensorhinterlinse hat dann einen Durchmesser von 14 cm. Hieraus ergiebt sich, dass die vom zweiteiligen Kondensor aufgenommene zu der vom dreiteiligen Kondensor aufgenommenen Lichtmenge (nach Abzug der durch Absorption und Reflexion in der Meniskuslinse verloren gehenden 20 Prozent) sich verhält wie 1 : 2.

Im allgemeinen gilt also die Regel, dass der dreiteilige Kondensor ein wesentlich helleres Bild als der zweiteilige giebt. Der dreiteilige zeigt um so grössere Überlegenheit, je kürzer die Brennweite der Projektionsobjektive ist.

Aus der Thatsache, dass man mit Objektiven von grösserem Linsendurchmesser auch grössere Helligkeit erzielt, könnte man den Schluss ziehen, dass die „Lichtstärke" eines Objektivs (d. h. das Verhältnis des Linsendurchmessers zur Brennweite) für die Helligkeit des projizierten Bildes von Wichtigkeit ist. Letzteres ist jedoch nicht der Fall; das Objektiv mit grösserem Linsendurchmesser giebt nur deshalb ein helleres Bild, weil man die Lampe näher an die Kondensorlinsen heranrücken muss, damit der vom Kondensor kommende Strahlenkegel die Hinterlinse des Objektivs eben bedeckt. Allerdings muss auch hier eine Einschränkung gemacht werden: Wie wir bereits früher erwähnten (vergl. S. 7 und 34), spielen bei der Projektion zwei Arten der Abbildung des Diapositivs eine Rolle. Bei der zweiten, wo das Glasbild als selbstleuchtender Körper abgebildet wird, müssen Objektive um so mehr Licht auf die weisse Wand leiten, je lichtstärker sie sind. Die durch diese Art der Abbildung auf dem weissen Schirm erzeugte Helligkeit ist jedoch derart geringfügig, dass sie praktisch kaum in Frage kommt.

Arbeitet man mit einer kräftigen punktförmigen Lichtquelle (elektrisches Bogenlicht), so werden Objektive von kleinem Linsendurchmesser unter allen Umständen gute Helligkeit geben; es wird stets gelingen, eine Stellung der Lichtquelle ausfindig zu machen, wo der vom Kondensor kommende Strahlenkegel die Hinterlinse des Objektivs eben bedeckt; der durch grösseren Objektivlinsendurchmesser zu erzielende Helligkeitszuwachs würde keineswegs bedeutend (s. S. 39) sein. Nur hätte man sein Augenmerk darauf zu richten, dass das Objektiv im Verhältnis zu seinem Linsendurchmesser nicht zu lang gebaut ist. Bei zu grosser Länge des Objektivs kann nämlich der Fall eintreten, dass die Hinterlinse wohl den ganzen Lichtkegel aufnimmt, dass dann aber, nach dem Schneiden der Strahlen innerhalb des Objektivs, die Strahlen noch im Objektiv so stark divergieren, dass ein Teil derselben von der Blende oder von der Objektivfassung abgefangen wird. Das Gefährlichste hierbei ist die Blende; da sie bei der Projektion nicht den geringsten Nutzen bringt, sondern durch Abfangen von Randstrahlen höchstens schadet, so werden wir sie aus dem Projektionsobjektiv gänzlich fortlassen. Selbst in denjenigen Fällen, wo die Blende nicht Teile des Lichtkegels abschneidest, kann sie nur Schaden anrichten, da sie, was für die Projektion wertlos ist, die Tiefenzeichnung vermehrt. Durch grössere Tiefenzeichnung würden sich nur die zufälligen Fehler der Kondensorlinsen (Luftblasen, Schlieren u. s. w.) auf dem weissen Schirm mit erschreckender Deutlichkeit abbilden.

Stellt man bei punktförmiger Lichtquelle das Projektionsobjektiv so auf, dass ein Teil der vom Kondensor kommenden Strahlen auf die Fassung fällt, so wird (worüber wir in dem Abschnitte über Lichtquellen sprechen wollen) der weisse Schirm nicht nur ungleichmässig erleuchtet, es bleiben auch die Randzonen des Bildes dunkel, weil dann die von diesen Randzonen kommenden Strahlen nicht auf das Objektiv, sondern auf die Fassung fallen.

Anders wie bei punktförmigen liegen die Verhältnisse, wenn man mit flächenhaften Lichtquellen arbeitet (vergl. hierzu die Ausführungen auf S. 33). Je ausgedehnter die Lichtquelle ist, um so mehr nähern sich die Verhältnisse

denjenigen, welche wir bei der photographischen Aufnahme irgend eines Gegenstandes haben. Wenn kürzlich behauptet wurde, dass, um bei flächenhaften Lichtquellen genau dieselben Verhältnisse zu haben, wie bei punktförmigen, weiter nichts nötig sei, als dass man die Lichtquelle näher an die Kondensorlinse heranbringt, so schlägt diese Behauptung allen optischen Gesetzen derart ins Gesicht, dass es sich nicht verlohnt, ein Wort darüber zu verlieren.

Schon bei Kalklicht hat das vom Kondensor entworfene Bild der Lichtquelle einen ansehnlichen Flächendurchmesser. Letzterer ist, gleichen Abstand des Bildes der Lichtquelle von der Vorderfläche des Kondensors vorausgesetzt, beim dreiteiligen Kondensor grösser, als beim zweiteiligen, weil der dreiteilige mit seiner kürzeren Gesamtbrennweite ein vergrössertes Bild der Lichtquelle entwirft. Bei unserem wiederholt erwähnten dreiteiligen Kondensor hat z. B. bei Kalklicht das Bild der Lichtquelle im Abstande von 28 cm vom Kondensor einen Durchmesser von ungefähr 3 cm. So gross muss also mindestens der Linsendurchmesser des Objektivs sein, damit nicht Teile des Lichtkegels auf die Fassung fallen.

Bei Benutzung von Auerlicht bedarf man eines Objektivs von gewaltigem Linsendurchmesser, um die von dem Glühstrumpf gelieferte Lichtmenge voll auszunutzen. Bei Verwendung eines dreiteiligen, ein stark vergrössertes Bild des Strumpfes liefernden Kondensors wird es überhaupt kaum möglich sein, dass ein Objektiv den ganzen Strahlenkegel aufnimmt; es wird sich daher auch die Forderung nicht erfüllen lassen, dass man das Objektiv so aufzustellen habe, dass der vom Kondensor kommende Strahlenkegel die Hinterlinse eben bedeckt. Wegen des eigenartigen Strahlenganges bei sehr ausgedehnten Lichtquellen (s. S. 33) braucht genannte Forderung nicht streng erfüllt zu werden; es genügt hier zur Erzielung gleichmässiger Helligkeit, wenn das Objektiv einen erheblichen Teil des Strahlenkegels aufnimmt.

In allen Fällen, wo infolge von zu ausgedehnter Lichtquelle das Objektiv nicht den ganzen Strahlenkegel aufzunehmen vermag, kommt die sonst vorhandene Überlegenheit des dreiteiligen Kondensors über den zweiteiligen nicht voll zur Geltung, weil beim dreiteiligen ein Teil des mehr aufgenommenen Lichtes in die Objektivfassung läuft. Die kürzlich[1]) aufgestellte Behauptung, dass unter diesen Verhältnissen der zweiteilige Kondensor sogar ein helleres Bild liefert, als der dreiteilige, konnte Verfasser bei zahlreichen Versuchen nicht bestätigt finden. Wenn auch hier das Objektiv von dem vergrösserten Bilde der Lichtquelle einen kleineren Abschnitt aufnimmt, als von dem nicht vergrösserten, so ist bei ersterem doch der aufgenommene Abschnitt lichtstärker, als bei letzterem. Allerdings bleibt die Überlegenheit des dreiteiligen Kondensors über den zweiteiligen in diesen Fällen sehr geringfügig.

Um daher allen Anforderungen bei Projektion mit den verschiedensten Lichtquellen zu genügen, wird man Objektive von grossem Linsendurchmesser

---

[1]) Preisliste über Projektionsobjektive und Kondensorlinsen der Rathenower optischen Industrieanstalt, A.-G. 1900, S. 3.

bevorzugen. Stets kommt es hierbei jedoch nur auf die absolute, nicht auf die relative Linsenöffnung an. Für 16 cm-Kondensoren sind nach dem Petzvaltypus gebaute Porträtobjektive mit 8 bis 9 cm freiem Linsendurchmesser empfehlenswert. Früher, wo es allgemein üblich war, mit durchfallendem Licht zu projizieren, also den Apparat hinter dem weissen Schirm aufzustellen, war man an kurze Brennweiten gebunden wegen des beschränkten Raumes hinter dem weissen Schirm. Jetzt, wo man diese Methode wegen der damit verbundenen Lichtverluste verlassen hat und den Apparat im Saale aufstellt, empfiehlt es sich, mit demselben möglichst weit zurückzugehen, um nicht die Aussicht nach dem weissen Schirm hin zu versperren. Aus diesem Grunde — und auch deshalb, weil langbrennweitige Objektive an sich eine bessere Ausnutzung des Lichtes gestatten — wird man die Objektive möglichst langbrennweitig wählen. Weitwinkelobjektive mit kleinem Linsendurchmesser und kleiner Blendenöffnung sind zu verwerfen. Über den Nachteil langgebauter Objektive sprachen wir bereits; dieselben sind auch deshalb weniger vorteilhaft als kurzgebaute, weil bei ihnen (bei gleicher Brennweite und gleichem Linsendurchmesser) die Lichtquelle etwas weiter vom Kondensor entfernt steht. Über den Wert der bestkorrigierten Objektive für die Projektion s. S. 34. Die in der Regel nach dem Petzvaltypus gebauten billigen, eigens für Projektion berechneten Objektive haben zumeist den Fehler, dass ihr Linsendurchmesser für ausgedehnte Lichtquellen nicht ausreicht.

Im Notfall kann man auch die Hälfte eines Aplanaten, vor allen Dingen aber die Vorderlinse eines Porträtobjektivs zur Projektion benutzen. Allerdings lässt hier die Randschärfe zu wünschen übrig und gerade Linien erleiden Verzeichnung. Doch können diese in Wirklichkeit geringfügigen Übelstände überreichlich aufgewogen werden durch die lange Brennweite dieser Linsen und die Möglichkeit, mit dem Apparat sehr weit vom weissen Schirm zurückzugehen.

Ebenso wie bei den Kondensoren sind auch bei Projektionsobjektiven die durch Absorption und Reflexion entstehenden Lichtverluste zu berücksichtigen. Aus diesem Grunde bedingt ein aus drei Linsen bestehendes Objektiv mehr Lichtverluste, als ein zweilinsiges. Bei den gegen die Achse geneigten Strahlen ist der Lichtverlust am grössten, so dass hierdurch die Randzone der Bilder etwas dunkler bleibt. Da nach dem Austritte der Strahlen aus dem Objektiv der Weg nach den seitlichen Abschnitten des weissen Schirms weiter ist, wie nach der Mitte, da fernerhin die Strahlen auf die seitlichen Abschnitte nicht senkrecht auftreffen, so muss auch hierdurch die Helligkeit der Bilder nach dem Rande hin abnehmen; doch sind wegen des grossen Abstandes des Objektivs vom weissen Schirm die Helligkeitsunterschiede geringfügig.

Den Raum zwischen Kondensor und Objektiv freizulassen, wie dies von einigen Seiten befürwortet wird, ist nicht zweckmässig, da stets zerstreutes Licht auf die Objektivfassung und den Träger des Objektivs fällt und hierdurch die Dunkelheit des Saales beeinträchtigt wird. Der Regel nach sind Objektiv und Kondensor durch ein starres Rohr, wie in Fig. 2 und 3 (S. 3)

dargestellt, verbunden. Sehr praktisch ist ein Balgen aus Zeug oder Leder (Fig. 5, S. 6). Im Notfall kann man sich mit einem Drahtgestell und übergehängtem schwarzen Tuch behelfen.

Während des Auswechselns der Bilder schliesst man das Objektiv. Für den Zuschauer ist jedoch vollkommene Verdunkelung des weissen Vorhanges keineswegs angenehm. Es ist daher zweckmässig, statt des undurchsichtigen Objektivdeckels einen solchen zu verwenden, dessen Vorderfläche aus dünnem, weissem Papier oder einer Mattscheibe besteht. Der Vorhang bleibt dann schwach erhellt, ohne dass man von dem Auswechseln des Bildes etwas wahrnimmt. Am besten verbindet man einen Deckel dieser Art durch Scharnier mit der Objektivfassung, so dass nach dem Auswechseln der Bilder der Deckel nicht abgenommen, sondern nur heruntergeklappt wird. Als der Projektionsapparat noch ein Spielzeug für grosse und kleine Kinder war und die Doppelapparate (Nebelbildapparate) eine hervorragende Rolle spielten, ersann man Einrichtungen (Dissolver), bei denen man im stande war, die beiden übereinander projizierten Bilder allmählich ineinander übergehen zu lassen, dergestalt, dass das eine Objektiv langsam bedeckt, das andere ebenso langsam frei wurde. Genannte Vorrichtungen haben heute kaum noch geschichtliches Interesse. Bei den auf S. 30 bis 32 beschriebenen Wechselvorrichtungen veranlassen automatisch wirkende Klappen oder Vorhänge die Verdunkelung des Gesichtsfeldes während des Auswechselns der Bilder. Bei der in Fig. 30 (S. 31) abgebildeten Wechselvorrichtung wird der Eindruck erweckt, als ob ein Vorhang, hinter dem das Bild erscheint, auf- und niedergelassen wird. Man kann für diese und ähnliche Spielereien viel Geld unnötig ausgeben.

Als überflüssig sind auch diejenigen Vorrichtungen zu bezeichnen, welche das Einstecken bunter Gläser am Objektiv gestatten, um Morgenrot, Mondscheineffekte und dergleichen hervorzubringen. Ein naturwahrer Eindruck wird hierdurch niemals erzeugt. Denselben Wert haben Klappdeckel, welche, mit verstellbaren, verschieden gefärbten Klappen versehen, gestatten, die obere Hälfte des Bildes bläulich, die untere grünlich gefärbt erscheinen zu lassen. Abgesehen davon, dass durch Vorrichtungen dieser Art stets viel Licht verloren geht, vermeide man es grundsätzlich, die Wirkung der Bilder in anderen Dingen zu suchen, als in solchen, welche durch das Diapositiv selbst gegeben sind.

Die Lichtquellen.

Bei den für Projektion verwendbaren Lichtquellen muss man unterscheiden zwischen solchen, die nur für kleinere Räume genügende Helligkeit liefern, und solchen, die in grossen Sälen verwendbar sind. Zur ersteren Klasse gehören: Elektrisches Glühlicht, Öl-, Petroleum-, Leuchtgas- und Acetylenlicht, zur zweiten Klasse Magnesiumband-, Kalk- und elektrisches Bogenlicht.

Bei **elektrischem Glühlicht** repräsentiert der in gewöhnlichen Glühbirnen vorhandene Kohlefaden die für die Projektion denkbar ungeeignetste Form einer Lichtquelle. Man stellte deshalb für die Projektion besondere Glühbirnen her, bei denen der Glühkörper in Gestalt eines spiralförmig gewundenen Kohlefadens auf einen möglichst engen Raum zusammengedrängt ist.[1]) Die Leuchtkraft der Glühbirnen lässt sich dadurch bis auf etwa 100 Kerzen erhöhen. Wo elektrische Lichtanlagen vorhanden sind, ist dies vielleicht

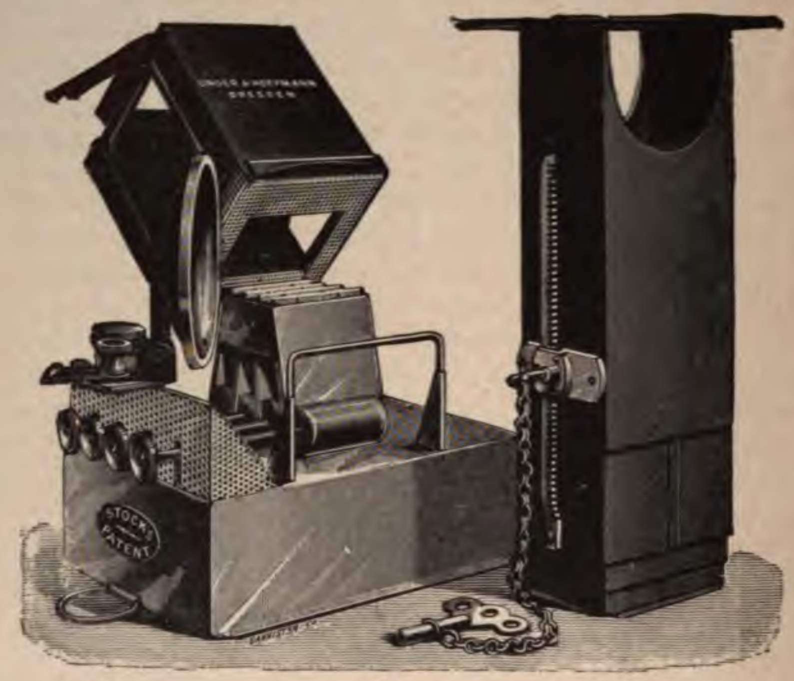


Fig. 32.

die bequemste Beleuchtungsvorrichtung, da sie sich ohne weiteres an die im Zimmer vorhandenen Drähte anschliessen lässt und keiner besonderen Wartung bedarf.

Öl kann in besonders konstruierten Lampen, wie sie z. B. in England hergestellt werden, ein für kleinere Räume ausreichendes Licht geben. Dasselbe ist jetzt jedoch durch **Petroleumlicht** fast völlig verdrängt. Die gewöhnliche Petroleumlampe hat eine für den Projektionsapparat ungeeignete Form des Brenners. Weit Besseres leisten diejenigen Brenner, bei denen zwei bis vier flache Dochte nebeneinander derart angeordnet sind, dass sie entweder ihre Schmalseite oder, die Form eines V oder W bildend, ihre Schmalseite und die Breitseite in der Verkürzung (also den unteren Teil der Buchstaben) dem Kondensor zukehren. Die volle Breitseite dem Kondensor zuzuwenden, wäre zwecklos, weil die vorderste Flamme nur einen kleinen Bruchteil des Lichtes der hinter ihr stehenden hindurchpassieren lässt. Man

[1]) Zu beziehen durch E. Liesegang in Düsseldorf.

glaube nicht, dass die Helligkeit im Verhältnis der Dochtzahl wächst. Es bringt daher auch keinen Nutzen, mehr als vier Dochte anzuwenden. Jeder einzelne Docht hat eine besondere Regulierschraube; die Luftzuführung zu den Dochten muss aufs beste geregelt, schliesslich muss ein hoher Schornstein mit Regulierung des Zuges vorhanden sein. Die gegenwärtig am meisten benutzte vierdochtige Petroleumlampe ist diejenige von Stock, welche wir in Fig. 32 abbilden (Preis 35 Mk.). Dieselbe liefert eine Helligkeit von etwa 100 Kerzen. An dem aus vier Auszügen bestehenden Schornstein lässt sich der oberste durch Zahn und Trieb verstellen, um den Luftzug zu regulieren. Sollen Lampen dieser Art gut brennen, so bedürfen sie sorgfältigster Wartung. Die Dochte müssen gleichmässig abgeschnitten sein, was am besten mit eigens hierfür konstruierten Scheren geschieht. Wenn während des Brennens die Lampe warm geworden ist, werden die Flammen höher und zeigen Neigung zu qualmen. Man muss während der Projektion hierauf achten, sonst verbreitet sich ein unerträglicher Geruch im Zimmer. Das Riechen dieser Petroleumlampen ist ihre unangenehmste Eigenschaft. Durch grösste Sauberkeit lässt sich dasselbe einschränken, aber niemals ganz vermeiden. Die Flammen sollen oben weiss, unten blau brennen. Zeigen sie gelbliche oder gar rötliche Färbung, so ist irgend etwas nicht in Ordnung. Während einer Pause darf man die Dochte nicht zurückdrehen, weil die Lampe sonst riecht. Nach beendeter Projektion muss man die Lampe bis auf den letzten Tropfen ausbrennen lassen. Thut man dies nicht, so überzieht sich das Innere des Gehäuses mit einer feinen Fettschicht; dadurch verschmieren die Linsen, und wenn bei erneuter Benutzung Lampe und Gehäuse warm werden, verbreitet sich durch das verdunstende Petroleum der widerwärtigste Geruch. Man kann die Leuchtkraft der Petroleumlampe steigern, wenn man durch ein mit feinen Öffnungen versehenes Rohr reinen Sauerstoff zum Brenner gelangen lässt.

Leuchtgas kommt lediglich in Gestalt von Auerlicht in Frage. Ein guter, neuer Auerstrumpf kann ein Licht bis zu 90 Kerzen ausstrahlen. Jedoch geht die Helligkeit schon nach wenigen Brennstunden auf 60 bis 70 Kerzen zurück. Wegen der grossen Ausdehnung der leuchtenden Flächen erfordern sowohl Petroleum- wie Auerlicht Projektionsobjektive mit grossem Linsendurchmesser. Wie wir in dem Abschnitte über Projektionsobjektive auseinandersetzten (S. 47), bieten bei diesen Lichtquellen dreiteilige Kondensoren keine nennenswerten Vorteile vor zweiteiligen. Man gehe bei diesen Lichtquellen über Vergrösserung des Bildes auf etwa ein Quadratmeter nicht hinaus. Häufig wird angegeben, dass Auerlicht für die Projektion gänzlich ungeeignet sei. Eine derartige Behauptung können nur solche aufstellen, die es nicht verstehen, ihren Apparat den Eigenheiten dieser Lichtquelle, insbesondere der ungewöhnlich grossen Ausdehnung der leuchtenden Fläche, anzupassen. Für Projektion im kleinen Kreise ist Auerlicht die geeignetste Lichtquelle, weil bei geringfügigsten Kosten alle lästigen Nebenerscheinungen, wie starke Erhitzung und widerwärtiger Geruch, fehlen.

Acetylen ist neben dem später zu besprechenden Zirkon diejenige Lichtquelle, welche am häufigsten zu den bittersten Klagen Veranlassung gab.

Infolge optischer Täuschung wird die Helligkeit dieses Lichtes der Regel nach bei weitem überschätzt. Da das sehr weisse Licht von einer verhältnismässig kleinen Flamme ausgeht, so wird das Auge geblendet, und man hält die thatsächlich von der Flamme ausstrahlende Lichtmenge für viel grösser, als sie in Wirklichkeit ist. Dazu kommt, dass es wegen Undurchsichtigkeit der Flamme wenig Nutzen bringt, wenn man mehrere Flammen hintereinander aufstellt. Die kunstvollsten Konstruktionen, bei denen mehrere Flammen hinter- und nebeneinander angeordnet sind, ergeben daher auf dem Projektionsschirm kaum mehr Helligkeit, als eine vierdochtige Petroleumlampe oder ein neuer Auerstrumpf. Besondere Übelstände sind der Knoblauchsgeruch, wofern das Gas nicht gut gereinigt ist, das leichte Russen der Flamme und die trotz aller gegenteiligen Versicherungen nicht ungefährliche Handhabung.

Hier wie bei allen anderen Lichtquellen begegne man den Angaben der Fabrikanten und Händler über die Lichtstärke ihrer Apparate mit grösstem Misstrauen. Dergleichen Angaben werden zu Reklamezwecken ins Blaue hinein gemacht und entbehren zumeist jeden Wertes.

Magnesiumband in besonderen Lampen abgebrannt, giebt zwar ein äusserst kräftiges Licht, doch stört die Rauchentwicklung; ferner pflegt das Band unregelmässig zu brennen und häufig zu erlöschen; endlich stellen sich die Kosten für längeres Brennen, wie es bei der Projektion erforderlich ist, recht hoch.

Kalklicht ist eine leicht zu handhabende, selbst für grössere Säle ausreichende Lichtquelle. Durch Mischung irgend eines brennbaren Gases mit reinem Sauerstoff wird ungelöschter (Ätz-) Kalk in hellste Weissglut versetzt. Als Brenngase verwendet man Leuchtgas, Wasserstoff und Ätherdämpfe. Auch Acetylen wurde empfohlen, konnte sich jedoch nicht einbürgern. Am häufigsten benutzt wird Leuchtgas, in zweiter Linie Wasserstoff.

Die Verbrennung (wir sprechen vorläufig nur von Leuchtgas und Wasserstoff, für welche dieselben Brenner verwendbar sind) geschieht in besonders konstruierten Brennern, denen der Sauerstoff und das Brenngas gesondert zugeführt wird. Früher mischte man die beiden Gasarten in einem Hohlraume (Mischkammer) des Brenners und liess sie dann aus einer kleinen Öffnung austreten, um sie zur Verbrennung zu bringen. Da durch die Mischung explosives Knallgas entsteht, so ist zwischen Mischkammer und Austrittsöffnung ein mit feinen Drahtnetzen versehenes und mit Bimstein gefülltes Sicherheitsrohr einzuschalten, welches das Zurückschlagen der Flamme verhindert. Trotz Sicherheitsrohr tritt häufig genug Zurückschlagen der Flamme und damit Explosion der Mischkammer ein. Beschränkt sich dieselbe auf die Mischkammer, so bleibt der angerichtete Schaden mässig; nun müssen aber bei derartigen Konstruktionen beide Gase unter genau gleichem Drucke stehen, denn bei Überdruck des einen Gases wird dasselbe in den Behälter des anderen dringen und hier ebenfalls Knallgas erzeugen. Ist beim Zurückschlagen der Flamme letzterer Fall eingetreten, so sind die schwersten Unglücksfälle unvermeidlich. Infolge zahlreicher Vorkommnisse dieser Art geriet vor einigen Jahrzehnten Kalklicht derart in Misskredit, dass Benutzung desselben bei öffentlichen Vorführungen verboten wurde.

Es ist schwer begreiflich, dass dergleichen Brenner für gemischte Gase noch heutigentags von den meisten Handlungen photographischer Bedarfsartikel geführt und empfohlen werden. Wenn dieselben auch etwas helleres Licht geben, als die im folgenden zu beschreibenden Sicherheitsbrenner, so warnen wir doch ausdrücklich vor ihrer Benutzung.

Bei den Sicherheitsbrennern (Fig. 33) tritt die Mischung beider Gasarten erst bei der Verbrennung ein, und Explosionen sind ausgeschlossen. Das äussere, weite Rohr *L* ist für Leuchtgas oder Wasserstoffgas bestimmt, das

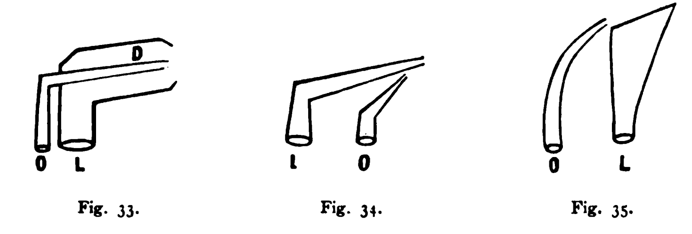


Fig. 33. Fig. 34. Fig. 35.

innere *O* für den Sauerstoff. Letzteres muss ganz kurz vor der Mündung des äusseren enden, sonst würde sich in der Düse *D* Knallgas bilden. Durch den Umstand, dass sich hier der Sauerstoffstrom im Centrum des Leuchtgasstromes befindet, wird die Bildung einer sehr heissen Stichflamme begünstigt, welche den Kalk zur hellsten Weissglut bringt.

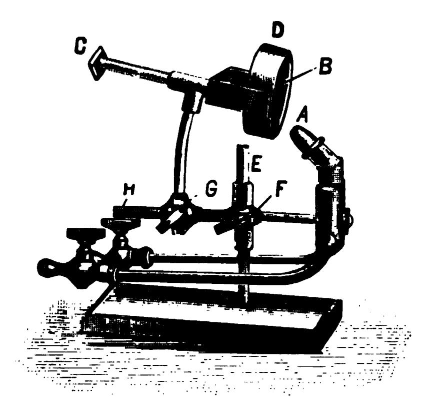


Fig. 36.

In übertriebener Ängstlichkeit, damit jede vorzeitige Vermischung der beiden Gasarten zur Unmöglichkeit wird, konstruierte man die in Fig. 34 und 35 dargestellten Brenner. Bei Fig. 35 (Laterna magica 1887, Nr. 35) ist die Mündung des Leuchtgasrohres breit gedrückt. Die Vorbedingungen zur Bildung einer wirksamen Stichflamme liegen hier nicht so günstig, wie in Fig. 33.

Die empfehlenswerteste Form der Kalkbrenner ist in Fig. 36 dargestellt. Bei *A* treten die Gase aus und bilden die gegen die Kalkscheibe *B* gerichtete Stichflamme. Die Kalkscheibe sitzt in einer Metallhülse *D*, welche sich durch den Handgriff *C* drehen lässt. Da nämlich durch die Hitze Vertiefungen in den Kalk einbrennen, so muss man von 15 zu 15 Minuten einen neuen Abschnitt der Kalkscheibe vor die Flamme bringen. Wesentlich für die beste Helligkeit ist der richtige Abstand der Kalkscheibe *B* von der Düse *A*. Da sich das die Kalkscheibe tragende Gestell auf der Metallschiene *H* verschieben und dann mit Hilfe der Schraube *G* feststellen lässt, so kann man durch Probieren leicht feststellen, bei welchem Abstande die Helligkeit am besten ist. Der Abstand wechselt mit dem Druck, unter welchem die Gase aus der Düse austreten; in der Regel beträgt er 1 bis 1,5 cm. Die ganze Vorrichtung

lässt sich fernerhin an dem senkrechten Stabe *E* hoch und niedrig stellen und mit der Schraube *F* fixieren. Dies ist für richtige Centrierung der Lichtquelle wichtig. Praktischer ist es, wenn diese Bewegung sich durch Zahn und Trieb bewerkstelligen lässt.

Die beiden Hähne sind erforderlich zur genauen Regulierung der Gaszufuhr. Die Hitze ist am stärksten, wenn man Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnisse zuführt, in dem sie zu Knallgas gemischt bei der Verbrennung Wasser (H_2O) bilden: Es muss also doppelt so viel Wasserstoff wie Sauerstoff zum Brenner geleitet werden (im Leuchtgase wirkt als wesentlichster Bestandteil Wasserstoff). Überwiegt die eine der beiden Gasarten, so wird das Licht dunkler, weil durch das überschüssige Gas Abkühlung eintritt. Zu reichliche Zufuhr des Wasserstoffs (oder Leuchtgases) erkennt man auch daran, dass der Kalkcylinder von einem Flammenkranz umspült wird. Bei richtiger Stellung der Hähne kann man es leicht erreichen, dass die Flamme ohne Zischen brennt und dabei ein weisses Licht liefert. Lässt man durch weiteres Aufdrehen der Hähne im richtigen Verhältnis mehr von beiden Gasarten zur Düse hinzutreten, so wird das Licht noch heller; es tritt aber starkes Zischen auf, welches für die Dauer unerträglich wird. Nach neueren Untersuchungen[1]) erreicht man bei Kalklicht mit besten Sicherheitsbrennern[2]) ohne Zischen der Flamme 500 Kerzenstärke, bei stark zischender Flamme 1300 bis 1400 Kerzen. Wasserstoff in Verbindung mit Sauerstoff giebt helleres Licht als Leuchtgas, weil die sonstigen Beimischungen des Leuchtgases zur Abkühlung der Flamme beitragen. Durch die grössere Hitze des Wasserstoffs schmelzen hier aber schneller Vertiefungen in den Kalk. Hat sich eine Vertiefung dieser Art gebildet, so muss man den Cylinder oder die Scheibe ein wenig drehen; anderenfalls würde die Helligkeit leiden; ausserdem geben diese Vertiefungen zum Entstehen von Stichflammen Veranlassung, welche, nach dem Kondensor hin gerichtet, die erste Linse erreichen und sie zum Springen veranlassen können. Auch aus diesem Grunde — abgesehen von der sonstigen starken Erhitzung — muss man bei Benutzung von Kalklicht zwischen Kondensor und Brenner eine Scheibe aus Hartglas oder Glimmer einfügen (s. S. 5).

Am praktischsten sind Kalkscheiben, welche in einer Metallhülse eingeklemmt werden (Fig. 36). Von manchen Seiten werden Kalkcylinder empfohlen, die in der Mitte durchbohrt sind, damit man sie auf einem drehbaren Metallstabe befestigen kann. Da der Kalk grosse Neigung zum Springen hat, so sind diese Cylinder unpraktisch; sie bröckeln während der Projektion ab und geben zu unangenehmen Störungen Veranlassung. Ist dagegen die Kalkscheibe mit kräftigem Druck in die Metallhülse hineingepresst, so bleibt Springen des Kalkes belanglos, weil die Scheibe durch die Metallfassung zusammengehalten wird.

Um dem Springen nach Möglichkeit vorzubeugen, wärme man den Kalk allmählich mit der Leuchtgas- oder Wasserstoffflamme an und lasse

---

[1]) Photogr. Rundschau 1897, Heft 4, S. 101.

[2]) Z. B. von Dr. Th. Elkan, Berlin N., Tegelerstr. 15, oder von Liesegang in Düsseldorf.

dann erst Sauerstoff hinzutreten. Ebenso muss die Abkühlung langsam vor sich gehen.

Der Kalk ist nicht haltbar, sondern zerfällt an der Luft bald zu feinem Staub. Vollständigen Luftabschluss und daher unbegrenzte Haltbarkeit führte man dadurch herbei, dass man die Kalkscheiben oder Cylinder in Glasröhren einschmolz. Hierdurch werden die Kosten vermehrt. Am einfachsten ist es, wenn man die Platten in verlöteten Blechbüchsen aufbewahrt, in der sie in reichlicher Menge von Kalkstaub eingebettet liegen.[1]) Nach dem Öffnen der Büchse schüttet man den ganzen Inhalt der Dose, d. h. Platten und Kalkstaub, in einen Behälter, dessen Deckel sich mit Hilfe eines Gummiringes luftdicht verschliessen lässt. In dieser Weise halten sich die Platten viele Monate unverändert. Es ist sogar nicht einmal notwendig, luftdichten Verschluss herbeizuführen, weil die Hülle von Kalkstaub die Platten längere Zeit vor dem Zerfallen bewahrt.

Das einmal gebrauchte Kalkstück ist, wenn man es frei an der Luft aufbewahrt, nach zwei bis drei Tagen zerfallen. Stellt man es jedoch in lose verschlossener Blechbüchse an einen recht warmen Ort, so kann es sich acht bis vierzehn Tage gebrauchsfähig halten.

Zahlreiche Versuche sind unternommen worden, um den Kalk durch haltbarere Körper zu ersetzen oder ihn durch bestimmte Beimischungen luftbeständig zu machen. Zu letzterem Zwecke wurde z. B. Mischung von Kalk, kohlensaurer Magnesia, Rüböl und Gummiarabikum empfohlen.[2]) Mischungen dieser und anderer Art (z. B. mit Borsäure) konnten sich jedoch nicht einbürgern, weil entweder das Licht mangelhafter ist, wie bei reinem Kalk, oder die Platten und Cylinder bei starker Erhitzung springen. Als Ersatz für Kalk ist zu nennen Marmor und Stifte von gepresster Magnesia. Bei beiden bleibt die Helligkeit hinter dem Kalk zurück; die Magnesiastifte zerbröckeln leicht.

Vor etwa zehn Jahren wurde an Stelle des Kalkes Zirkon warm empfohlen. Um Zirkon in hellste Weissglut zu versetzen, ist ein besonderer Brenner erforderlich: der von Linnemann konstruierte, welcher sorgfältigste Regulierung der zugeführten Gasarten und Vermischung derselben kurz vor der Austrittsöffnung gestattet. Infolge von geschickter Reklame fand das Zirkonlicht vor etwa einem Jahrzehnt weite Verbreitung. Aber bald merkten die Käufer, dass sie für teures Geld in den Besitz einer elenden, mit dem Kalklicht keinen Vergleich aushaltenden Lichtquelle gelangt waren. Zirkonlicht giebt 100 bis 180 Kerzenstärke;[3]) es ist für die Projektion auch deshalb besonders ungeeignet,

[1]) Eine Dose mit 12 Platten kostet bei Th. Elkan 3 Mk.

[2]) Photogr. Rundschau 1896, Heft 4, S. 127.

[3]) Nicht mit Unrecht bemerkt Dr. J. W. Behrens in der „Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie" 1899, S. 185, dass die gewöhnliche Angabe der absoluten Helligkeit der Lichtquellen in Normalkerzen für die Projektion wenig geeignet ist, dass hier vielmehr die relative Flächenhelligkeit des Projektionsschirms, ausgedrückt in Meterkerzen, in Betracht kommt. Nach photometrischen Messungen von Dr. Reichenbach ergaben:

Zirkonbrenner von Schmidt und Haensch	12	Meterkerzen,
Kalklichtbrenner von Behrens	25—30	„
Differentiallampe von Schuckert bei 20 Ampère . . .	125	„

weil starkes Zischen des Brenners unvermeidlich bleibt. Noch trübseliger ist die Helligkeit bei den zum Teil recht mangelhaften Nachahmungen des Linnemannschen Brenners. Das leichte Abspringen der Zirkonplättchen von der Platinunterlage vervollständigt das Maass der Unzuträglichkeiten bei diesem Licht. Die an Stelle der Plättchen verwendeten Zirkonstifte bröckeln leicht ab.

Die grosse Helligkeit, welche gegenüber dem Zirkon der Kalkcylinder liefert, ist im wesentlichen eine Folge der erheblichen Ausdehnung der weissglühenden Fläche beim Kalk.

Da ein Linnemannscher Brenner nur etwa den dritten Teil von dem Sauerstoff verbraucht, wie ein guter Kalklichtbrenner, so liegt der Gedanke nahe, den ersteren auch für Kalklicht zu benutzen. Dies ist jedoch nicht ausführbar, weil die ausserordentlich heisse Flamme tiefe Löcher in den Kalk brennt.

Kalklicht wäre eine ideale Lichtquelle, wenn man hierfür nicht reinen Sauerstoff, der stets nur mit Umständlichkeiten und Kosten zu beschaffen ist, benötigte. Man versuchte den Sauerstoff durch vorgewärmte atmosphärische Luft zu ersetzen, doch wird hiermit nicht annähernd dieselbe Helligkeit erzielt, wie mit reinem Sauerstoff.

Früher war man in der übelen Lage, den Sauerstoff selbst herstellen zu müssen. Dies hatte nur eine einzige gute Seite: es bot den Verfassern von Büchern über Projektionskunst reiche Gelegenheit, die gähnende Leere der Seiten zu füllen und dem Werke ein stattliches Äussere zu geben. Diese Gelegenheit ist denn auch in reichlichstem Maasse ausgenutzt worden.

In Bezug auf Sauerstoffbereitung können wir uns kurz fassen: Der Chemiker braucht seine Kenntnis für Sauerstoffbereitung nicht aus einem Buche über Projektion zu schöpfen; wer genügende Vorkenntnisse aus dem Gebiete der Chemie nicht hat, lasse seine Hände fort vom Sauerstofferzeuger, und zwar bevor er durch platzende Retorten und dergleichen unliebsame Zwischenfälle hierzu eindringlich ermahnt wird.[1])

Durch den Umstand, dass jetzt in Deutschland (von Dr. Th. Elkan, Berlin N., Tegelerstr. 15 und Rommenhöller, Berlin NW, Quitzowstr. 56—58) komprimierter Sauerstoff in Stahlcylindern geliefert wird, sind die Schwierigkeiten der Beschaffung von reinem Sauerstoff beseitigt. Eine Stahlflasche dieser Art enthält 250, 500 oder 1000 Liter Sauerstoff. Der Preis für 1000 Liter beträgt 5 Mk. Der dazu notwendige Stahlcylinder kostet 45 Mk.; will man sich einen solchen nicht anschaffen, so wird für Leihen desselben eine mässige Gebühr erhoben. Da das Gas im Cylinder unter gewaltigem Drucke steht (etwa 100 Atmosphären), so ist ein Druckreduzierventil notwendig. Die ersten Anschaffungskosten sind also nicht ganz geringfügig; doch kosten die Vorrichtungen zum Selbstherstellen von Sauerstoff mit zugehörigem Gasometer mindestens ebenso viel. Man reduziert mit genanntem Ventil den Druck des ausströmenden Gases auf $^1/_4$ bis $^1/_2$ Atmosphäre. Arbeitet man mit voller, vom Kalk überhaupt ohne Zischen zu liefernder Helligkeit

---

[1]) Sauerstofferzeuger mit genauer Gebrauchsanweisung liefert u. a. die Firma Liesegang in Düsseldorf.

(rund 500 Normalkerzen), so genügen 1000 Liter Sauerstoff für 15 Brennstunden. Um jederzeit genau unterrichtet zu sein, wie viel Sauerstoff noch im Cylinder vorhanden ist, bringt man ein besonderes Manometer an demselben an, welches über den vorhandenen Atmosphärendruck Aufschluss giebt.[1]) Besitzt man ein solches Manometer nicht, so notiere man genau die Brennstunden, um daran ungefähr einen Anhalt zu haben, für wie lange Zeit der vorhandene Sauerstoff noch ausreicht. Sorgfältig achte man darauf, dass nach Öffnen des Haupthahns kein Sauerstoff nebenbei entweicht. Die wunde Stelle hierfür ist der Anschraubering des Reduzierventils. Da wegen der hierdurch bedingten Explosionsgefahr die Gewinde nicht mit Fett eingeschmiert sein dürfen und die zur Dichtung verwendeten Lederscheiben leicht brüchig werden, so erfordert gutes Abdichten einige Aufmerksamkeit. Sehr günstig hierbei ist, dass sich das Entweichen der geringfügigsten Mengen des Gases durch Zischen verrät; hört man bei angelegtem Ohr hiervon nichts, so kann man sicher sein, dass kein Gas nebenbei entweicht.

Wiederholt in England vorgekommene Explosionen dieser Cylinder riefen in weiten Kreisen Besorgnisse hervor. Genaue Untersuchung dieser Unglücksfälle, die auf England beschränkt blieben, erwies jedoch, dass jedesmal grobe Fahrlässigkeit vorlag. Aus den hierüber veröffentlichten Protokollen entnehmen wir, dass nachweislich Sauerstoff in Cylinder gepumpt war, die Wasserstoff enthielten, dass die Gewinde zum besseren Verschluss mit Fett eingeschmiert waren, dass die Stahlcylinder fehlerhafte Stellen in den Wandungen enthielten u.s.w. Es sei daher vor dem Bezug des Sauerstoffs aus England gewarnt.

Demgegenüber ist es Thatsache, dass sich in Deutschland noch niemals ein Unglücksfall dieser Art ereignete. Jeder Cylinder wird vorher auf 250 Atmosphären geprüft, so dass er also 100 Atmosphären mit Sicherheit aushält. Um besonders das Füllen von Sauerstoff in solche Cylinder, die bereits Wasserstoff enthalten oder früher enthalten haben, zur Unmöglichkeit zu machen, sind die Sauerstoffcylinder mit Rechtsgewinde, die Wasserstoffcylinder mit Linksgewinde versehen; ausserdem haben letztere roten, erstere schwarzen Anstrich. In Würdigung dieser Verhältnisse befördern unsere ausserordentlich vorsichtigen Eisenbahnverwaltungen die Sauerstoffcylinder in gewöhnlichen Zügen, während die später zu besprechenden Wasserstoffcylinder nur in Feuerzügen befördert werden.

Die zweite für Projektion mit Kalklicht notwendige Gasart, das Leuchtgas, ist so verbreitet, dass es beinahe überall zu haben ist, wo man überhaupt an Projektion denkt.

Um gute Helligkeit zu geben, darf das Gas nicht unter zu geringem Druck stehen. Abends erhöht die Gasanstalt den Druck beträchtlich. Bei starker Beanspruchung des benutzten Rohrs durch andere Flammen und zu geringem Querschnitt des Rohrs kann es sich jedoch ereignen, das abends das Gas mit geringerem Druck austritt, als bei Tage.

---

[1]) Nach der neuesten Preisliste von Unger u. Hoffmann (Dresden) ist gegenwärtig der Preis für ein Reduzierventil mit beiden zugehörigen Manometern 35 bis 40 Mk.

In Ermangelung von Leuchtgas benutzt man komprimierten Wasserstoff, der ebenfalls von Dr. Th. Elkan (Berlin N., Tegelerstr. 15) in Stahlflaschen geliefert wird. 1000 Liter kosten 5 Mk. Die Anschaffungskosten für Stahlflasche und Reduzierventil sind dieselben, wie beim Sauerstoff. Obgleich mit komprimiertem Wasserstoff bisher Unglücksfälle noch nicht vorkamen, so scheint doch die vor einigen Jahren stattgehabte Explosion derartiger Cylinder auf dem Tempelhofer Felde bei Berlin (bei der aber niemand verletzt wurde) zu beweisen, dass hier Verhältnisse eintreten können, welche noch einer Erklärung bedürfen.

Da man doppelt so viel Wasserstoff wie Sauerstoff verbraucht, so reichen 1000 Liter davon für 7 bis 8 Brennstunden aus.

Die früher zur Aufbewahrung der beiden Gasarten vielfach verwendeten Gummisäcke kommen durch Einführung der Stahlcylinder immer mehr ausser Gebrauch. Man wird ihnen keine Thräne nachweinen, denn die Unhandlichkeit und leichte Verletzbarkeit machten das Arbeiten mit denselben zur Qual.

Als Ersatz für Leuchtgas lassen sich Ätherdämpfe benutzen: Durch starke Metallbehälter (Äthersaturatoren[1]), in denen sich Äther befindet, wird der Sauerstoffstrom geleitet. Der Sauerstoff gelangt also mit Ätherdämpfen beladen zur Düse und erzeugt mit dem Kalk ein sehr intensives Licht. Es müssen Vorkehrungen getroffen sein, dass die Flamme nicht zum Behälter zurückschlagen kann. Die mit derartigen Äthersaturatoren wiederholt vorgekommenen schweren Unglücksfälle (z. B. das furchtbare Brandunglück in der Rue Goujon zu Paris, bei dem über 100 Menschen ums Leben kamen) lassen äusserste Vorsicht dringend geboten erscheinen. Vor allen Dingen darf niemals während des Brennens Äther nachgefüllt werden.

An Stelle des Leuchtgases werden auch Alkoholflammen benutzt, bei denen man mittels zugeleiteten Sauerstoffs eine möglichst heisse Stichflamme zu erzeugen sucht. Die hiermit zu erzielende Weissglut des Kalks giebt jedoch nicht annähernd so helles Licht, wie die oben besprochenen Gasgemische. Besser als eine gewöhnliche Alkoholflamme mit Sauerstoff wirkt ein Alkoholsauerstoffbrenner, bei dem Alkoholdämpfe zur Verbrennung gelangen.

Die Projektion würde einen ausserordentlichen Aufschwung nehmen, wenn es gelänge, eine dem Kalklicht ähnliche Lichtquelle von 400 bis 500 Normalkerzen ohne Benutzung von reinem Sauerstoff herzustellen. Vielleicht lässt sich dies unter Anwendung von vorgewärmter, durch ein Gummigebläse zum Brenner getriebener Luft in Verbindung mit einer der durch die Auerlichtindustrie allgemein bekannt gewordenen, seltenen Erden erreichen. Erfolgreiche, nach dieser Richtung hin unternommene Bemühungen würden dem Erfinder reichen materiellen Lohn bringen. Mit Pressgasauerlicht sind dergleichen Versuche bereits angestellt, bisher jedoch ohne durchschlagenden Erfolg.

Elektrisches Bogenlicht liefert für die Projektion die grösste Helligkeit, aber auch die grösste Hitze. Man schalte daher zwischen Lichtquelle

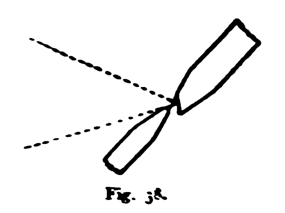
[1]) Zu beziehen durch Liesegang in Düsseldorf, Unger u. Hoffmann in Dresden u. a.

und Kondensor auf jeden Fall eine Scheibe aus Glimmer oder Hartglas ein und benutze, wenn möglich, einen Apparat, wie er in Fig. 4 (S. 4) skizziert ist. Die Zwischenschaltung einer Scheibe ist auch deshalb nötig, weil von den Kohlenspitzen häufig glühende Partikelchen abspringen, die infolge ihrer ausserordentlichen Hitze an der Oberfläche der Kondensorlinse festschmelzen. Die Helligkeit der elektrischen Bogenlampe beträgt 1000 Normalkerzen (bei 10 Ampère) und darüber (bei höherer Ampère[1]-Zahl). In der Regel wird man mit 15 bis 20 Ampère arbeiten, wobei ein für die meisten Säle ausreichendes Licht geliefert wird. Über 30 Ampère hinauszugehen, ist wegen der furchtbaren Hitzeentwickelung bedenklich.


Fig. 37.

Die Frage, ob Wechselstrom oder Gleichstrom, ist dahin zu beantworten, dass Gleichstrom den Vorzug verdient. Bei gleichem Stromverbrauch giebt er bessere Helligkeit, und die Lampe macht weniger störendes Geräusch.

Die gewöhnlichen Bogenlampen sind im Projektionsapparat nicht zu brauchen, weil der Lichtpunkt nicht auf derselben Stelle verbleibt. Von den eigens für Projektionszwecke gebauten Lampen nennen wir zuerst die in Fig. 37 abgebildete Hefner-Alteneckische Kontaktlampe. Dieselbe reguliert zuverlässig und geräuschlos, hat jedoch den Fehler, dass die Kohlen senkrecht übereinander stehen. Die eigentliche Lichtspenderin ist nämlich die obere, positive (Docht-) Kohle, in welche sich ein vertiefter Krater einbrennt, von dem die Hauptmasse des Lichtes ausgeht. Stehen nun die beiden Kohlen senkrecht übereinander, so strahlt die Hauptmenge des Lichtes nach unten; infolgedessen gelangt verhältnismässig wenig Licht auf den Kondensor, und besonders die untere Hälfte des weissen Vorhanges bleibt im Halbdunkel. Man kann diesen Übelstand dadurch verbessern, dass man die untere (Homogen-) Kohle, wie dies in Fig. 37 dargestellt ist, ein wenig vor (nach dem Kondensor hin) rückt. Dann bildet sich der Krater an der oberen Kohle mehr nach vorn, die Lichtausnutzung ist günstiger und die Helligkeit auf dem weissen Schirm gleichmässiger. Empfehlenswerter sind jedoch diejenigen Lampen, wo die Kohlen schräg stehen (Fig. 38). Der Krater bildet sich dann an der Vorderseite der oberen Kohle und sendet sein volles Licht nach dem weissen Schirm; letzterer ist dann gleichmässig hell erleuchtet. Auch bei dieser Schrägstellung wird die untere Kohle etwas nach dem Kondensor hin vorgeschoben, und zwar soll die beim Brennen sich bildende Spitze


Fig. 38.

[1]) Ampère = Stromstärke; verglichen mit einem Fluss = Breite des Stromes.
Volt = Stromspannung; verglichen mit einem Fluss = Schnelligkeit der Strömung.

der unteren Kohle genau unter dem vorderen (d. h. dem Kondensor zugekehrten) Rande des sich in der oberen Kohle bildenden Kraters stehen. Schiebt man die untere Kohle zu weit vor, so wirft die an derselben sich bildende Spitze einen Schatten auf den unteren Teil des Kondensors. Der Winkel, welchen die Längsachse der Kohlen mit der senkrechten einschliesst, soll etwa 40° betragen. Eine derartige Kohlenstellung hat die Schuckertsche Projektionslampe, die in zwei Grössen: für 17 bis 20 Ampère und für 30 Ampère (Gleichstrom) gebaut wird. Ebenso ist die Kohlenstellung bei der Projektionslampe von Körting u. Mathiesen in Leutzsch-Leipzig; dieselbe ist billiger wie die Schuckertsche Lampe, brennt aber weniger geräuschlos.

Die Dicke der Kohlen richtet sich nach der Stromstärke. Die obere (Docht-) Kohle wird in der Regel doppelt so dick, d. h. mit doppelt so grossem Querschnitt, nicht Durchmesser, gewählt, wie die untere, weil sie doppelt so schnell abbrennt. Bei Stromstärke bis zu 10 Ampère soll die Dochtkohle 13 mm, die Homogenkohle 9 mm Durchmesser haben, bis zu 15 Ampère die Dochtkohle 16 mm, die Homogenkohle 11 mm, bis zu 20 Ampère die Dochtkohle 18 mm, die Homogenkohle 12 mm, über 20 Ampère die Dochtkohle 25 mm, die Homogenkohle 18 mm. Dünne Kohlen geben helleres Licht als dicke, doch brennen die dünnen schneller ab. Zu dicke Kohlen liefern mangelhaftes Licht, weil dann der Krater nicht in genügende Weissglut gerät.

Sehr wichtig ist, dass der Apparat mit der Leitung richtig, d. h. der negative Pol mit der unteren, der positive mit der oberen Kohle, verbunden wird. Bei verkehrter Schaltung zischt die Lampe, brennt unregelmässig und giebt mangelhaftes Licht. Man erkennt die falsche Schaltung auch daran, dass der vertiefte Krater in der unteren, die Spitze dagegen in der oberen Kohle sich bildet.

Die selbstregulierenden Lampen haben den Nachteil, dass sie sehr empfindlich sind. Bei Wartung durch ungeübte Hand leidet das regulierende Uhrwerk, die Lampe brennt mit Zischen, und Reparaturen bleiben unvermeidlich. Übrigens kranken auch viele tadellos behandelte Lampen an dem Fehler, dass sie anfänglich unruhig und mit Zischen arbeiten und sich erst nach einiger Zeit zu ruhigem und gleichmässigem Licht einbrennen. Besonders ungünstig liegen die Verhältnisse, wenn der mit einer solchen Lampe versehene Projektionsapparat nicht dauernd auf seinem Platze bleibt oder gar an verschiedene Leitungen mit nicht genau regulierter Stromstärke angeschlossen wird. Dann ist Zischen und Flackern der Lampe die gewöhnliche, recht unangenehme Zugabe zum Projektionsvortrag. All diese Übelstände fallen fort, wenn man auf die selbstregulierenden Lampen verzichtet und sogenannte Handregulierlampen verwendet. Bei denselben wird die richtige Stellung der Kohlen durch Schrauben herbeigeführt, mit deren Hilfe man die Regulierung etwa von fünf zu fünf Minuten vornehmen muss. Dies ist ausserordentlich einfach und kann von jedem besorgt werden, der nicht die mindesten Vorkenntnisse von Elektrotechnik hat. Durch das kleine Fensterchen im Gehäuse (Fig. 2 und 3, S. 3) beobachtet man den Flammenbogen und reguliert, sobald die Kohlenspitzen sich zu weit voneinander entfernen. Eine (von Liesegang)

gebaute Handregulierlampe ist in Fig. 39 abgebildet.[1] Diese Lampen sind für jede Stromstärke benutzbar; nur muss man die Dicke der Kohlen der Stromstärke anpassen (s. S. 59). Zu einer guten Lampe gehören drei Regulierungen: die Schraube *A*, welche die gegenseitige Annäherung der Kohlenspitzen besorgt, die Schraube *B*, welche den ganzen Apparat hebt und senkt, und die Schraube *C*, welche die zur genauen Centrierung notwendige Seitwärtsbewegung nach rechts und links ausführt. Durch *F* wird die obere Kohle ein wenig zurückgeschoben, damit das Licht möglichst vollständig nach vorn geworfen wird (s. S. 58). *G* und *H* dienen zur Befestigung der Kohlen. Ist die obere Kohle doppelt so stark wie die untere, so beschränkt sich die Regulierung während des Brennens auf die Schraube *A*. Anderenfalls muss man durch *B* den Flammenbogen in bestimmten Zwischenräumen heben. Die Handhaben der Schrauben *A* und *B* seien so lang, dass sie aus dem Gehäuse herausreichen, damit man zum Zweck des Regulierens nicht die Thür des Gehäuses zu öffnen braucht.

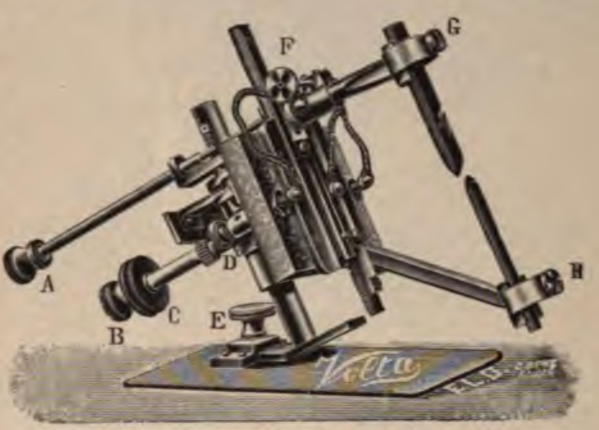


Fig. 39.

Der günstigste gegenseitige Abstand der beiden Kohlenspitzen ist durch den Versuch zu ermitteln. Mit dem Zunehmen der Ampèrezahl wächst der Abstand. Bei zu geringem Abstande reicht der an der unteren Kohle sich bildende Zapfen in den Krater an der oberen Kohle hinein und wird schliesslich mit Geräusch abgestossen. Bei zu grossem Abstande wird das Bogenlicht gelb, es bildet sich eine Flamme, und der Lichtbogen wechselt mit lautem Zischen unaufhörlich seinen Ort, bis er plötzlich erlischt.

Handregulierlampen haben den Vorteil, dass sie für Gleich- und Wechselstrom benutzbar sind, was bei den selbstregulierenden Lampen nicht der Fall ist. Bleibt auch bei der Handregulierlampe Gleichstrom stets das Günstigere, so kann man gelegentlich doch gezwungen sein, mit Wechselstrom zu arbeiten. Bei Benutzung von Wechselstrom müssen die einzusetzenden Kohlen gleich dick sein und senkrecht übereinander stehen, wie dies in Fig. 40 dargestellt ist. Man benutzt hierfür Dochtkohle, welche den Durchmesser der Homogenkohle hat, wie man sie als negativen Pol bei Gleichstrom anwenden würde. Um dieselbe Lampe für Gleich- und Wechselstrom benutzen zu können, muss sie eine Vorrichtung zur Senkrecht- und zur Schrägstellung haben. In ein-

[1]) Ausser von Liesegang werden Lampen dieser Art geliefert von Ernst Rudolph (Göttingen), Unger u. Hoffmann (Dresden), O. Anschütz (Berlin), Dr. A. Hesekiel (Berlin), Körting u. Mathiesen (Leutzsch-Leipzig), Oehmke (Berlin), Siegmund F. Meissl (Berlin), R. Lechner (Wien).

fachster Weise wird dies durch einen Winkelansatz erzielt, wie derselbe am Fuss des Stativs von Liesegang (Fig. 39 und 40) vorhanden ist. Mit Hilfe der Schraube *E* wird der Winkelansatz so festgestellt, dass das ganze Gestell entweder senkrecht (Fig. 40, für Wechselstrom) oder geneigt (Fig. 39, für Gleichstrom) steht.

Um auch bei Wechselstrom möglichst günstige Kraterbildung (in ähnlicher Weise, wie bei Gleichstrom) zu erzielen, gab Hepworth[1]) eine besondere Form der Kohlestifte an: Die Kohlen werden in der Längsachse excentrisch durchbohrt und die Durchbohrung mit einem leicht abbrennbaren Kern angefüllt, welcher die Kraterbildung befördert. Die Stifte werden in die Lampe nun so eingesetzt, dass die Durchbohrung nach der Seite des Kondensors hin liegt; die in der oberen und unteren Kohle sich bildenden Krater sind dann dem Kondensor zugewendet.

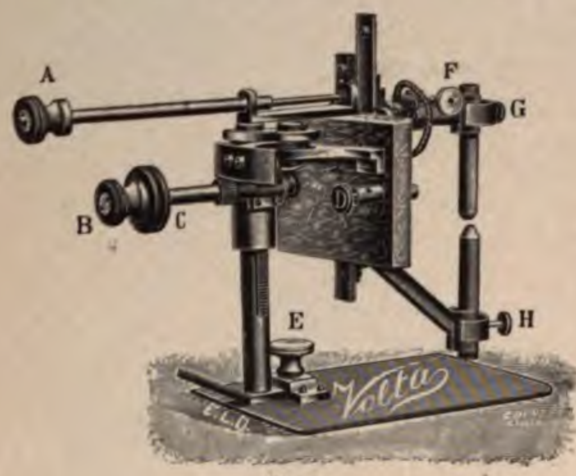
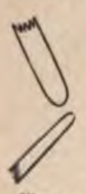


Fig. 40.

Mitunter giebt man bei Gleichstromhandregulierlampen den Kohlen eine Stellung, wie sie in Fig. 41 abgebildet ist. Man bezweckt damit, dass eine noch günstigere Kraterbildung in der oberen Kohle stattfindet, als dies in der Stellung bei Fig. 38 der Fall ist. Abgesehen davon, dass genannter Zweck kaum erreicht wird, kann es sich, wenn die Kohlen nicht gleichmässig abbrennen, ereignen, dass eine der beiden Spitzen stärker zurücktritt, als die andere. Auf jeden Fall muss bei dieser Kohlenstellung die Lampe während des Brennens allmählich nach vorn geschoben werden, weil sich durch die Verkürzung der beiden Kohlen der Lichtbogen vom Kondensor mehr und mehr entfernt.


Fig. 41.

O. Anschütz[2]) brachte bei Handregulierlampen eine kindskopfgrosse Asbestschutzhülle an, welche lediglich die Kohlenenden umspannt, den übrigen Teil der Lampe aber frei lässt. Hierdurch wird ein Gehäuse für die Lampe überflüssig.

Um in der Bogenlampe die gewünschte Ampèrezahl und die notwendige Stromspannung zu haben, ist Einschaltung eines Widerstandes unerlässlich nötig. Der Regel nach hat man in den elektrischen Leitungen eine Spannung von 110 oder 220 Volt. Da die Bogenlampe jedoch nur 45 bis 50 Volt erfordert, so muss durch den Widerstand die überschüssige Spannung beseitigt

[1]) Photogr. Rundschau 1897, Heft 9, S. 283.
[2]) Photogr. Rundschau 1897, Heft 5, S. 155.

werden. Am zweckmässigsten sind regulierbare Widerstände, die mit Ampèremeter (zur Messung der Stromstärke) und Voltmeter (Spannungsmesser) versehen sind. Man kann einen solchen Widerstand an den verschiedensten Leitungen benutzen und mit Hilfe der Drehkurbel jeden gewünschten Widerstand[1]) herstellen. Allerdings ist ein solcher Widerstand mit genannten Messapparaten ziemlich teuer (150 Mk. und darüber). Widerstände ohne die (nicht unerlässlich notwendigen) Messapparate sind erheblich billiger. Erforderlich ist endlich ein Ausschalter am Projektionsapparat. Allerdings lässt sich der Strom auch durch Lösen der Klemmschrauben unterbrechen; doch wird es, wenn eine Störung, z. B. Kurzschluss, vorkommt, nötig, den Strom so schnell wie möglich zu unterbrechen, was nur mit Hilfe des Ausschalters geschehen kann.

Elektrische Bogenlampen erfordern Starkstromleitung und sind daher an die gewöhnlichen, für Glühlampen berechneten Hausleitungen nicht anschliessbar. Eine Ausnahme hiervon macht die neuerdings von der Firma Lechner (Wien) in den Handel gebrachte Bogenlampe, welche aber nur mit sehr geringer Ampèrezahl arbeitet.

Um gute Centrierung der Lichtquelle herbeiführen zu können, muss die Lampe hoch und niedrig, nach rechts und links, nach vorn und hinten verstellbar sein. Dies ist um so notwendiger, je kleiner die Lichtquelle ist, denn hier treten bei nicht genauer Centrierung sofort Unregelmässigkeiten in der Lichtverteilung auf. Nach vorn und hinten, ebenso wie nach rechts und links lassen sich die Lampen zumeist frei im Gehäuse verschieben, so dass hierfür besondere Triebvorrichtungen nicht nötig sind. Allerdings ist es bei elektrischen Lampen angenehm, wenn sich die Bewegung nach rechts und links durch eine Schraube bewerkstelligen lässt (*C* in Fig. 39 und 40, S. 61 und 62). Die sehr wichtige Bewegung nach oben und unten ist bei elektrischen Lampen unter allen Umständen (am besten auch bei Kalklichtbrennern) durch Zahn und Trieb herbeizuführen. Billige Lampen dieser Art pflegen an einem senkrechten Metallstab, bei dem das Festklemmen durch eine Schraube geschieht, befestigt zu sein. Genaues Einstellen ist hierbei an sich schon ausserordentlich erschwert, ganz abgesehen davon, dass die Lampen nach kurzem Brennen so heiss werden, dass man sie nicht mehr anfassen kann.

[1]) Der im einzelnen Falle notwendige Widerstand, ausgedrückt in Ohm, ergiebt sich aus nachfolgender Betrachtung: 1 Ohm ist der Widerstand, den eine Quecksilbersäule von 1 qmm Querschnitt und 1,06 m Länge dem elektrischen Strome entgegensetzt. Es gilt nun die Formel: $\text{Ohm} = \frac{\text{Volt}}{\text{Ampère}}$. Sind wir an eine Leitung von 110 Volt angeschlossen und wollen wir mit 10 Ampère und 45 Volt arbeiten, so ergiebt sich: $\text{Ohm} = \frac{110-45}{10} = 6{,}5$. Es müssen also als Widerstand 6,5 Ohm eingeschaltet werden. Wollen wir bei gleicher Voltzahl (45) für unsere Lampe 20 Ampère haben, so sind nur $\frac{65}{20} = 3{,}25$ Ohm als Widerstand einzuschalten. Hat die Leitung dagegen 220 Volt Spannung, so sind für 10 Ampère $\frac{175}{10} = 17{,}5$ und für 20 Ampère $\frac{175}{20} = 8{,}75$ Ohm als Widerstand erforderlich.

Die Centrierung ist stets derart vorzunehmen, dass man ohne Rücksicht auf gleichmässige Helligkeit des Bildes ein Diapositiv scharf einstellt und dann durch Herausnahme des Bildschiebers die ganze Fläche des Kondensors freilegt. Das Objektiv verbleibt am Apparat. Unterlässt man es, zuvor durch Scharfeinstellung eines Bildes die richtige Stellung des Objektivs zu ermitteln, so ist die ganze Centrierarbeit vergeblich, weil Änderungen im Abstande des Objektivs auch solche im Abstande der Lichtquelle erfordern.

Steht die Lampe nicht genau in der optischen Achse, so liegt der Lichtfleck nicht in der Mitte der dem weissen Schirm zugekehrten Objektivlinse. Das sicherste Erkennungsmittel für richtige Stellung der Lichtquelle ist aber die Helligkeit auf dem weissen Schirm. Nur dann steht die Lampe richtig, wenn das weisse Feld auf dem Projektionsschirm von der Mitte bis zum Rande annähernd dieselbe Helligkeit hat (Fig. 42, *h*). Wir sagen „annähernd", weil

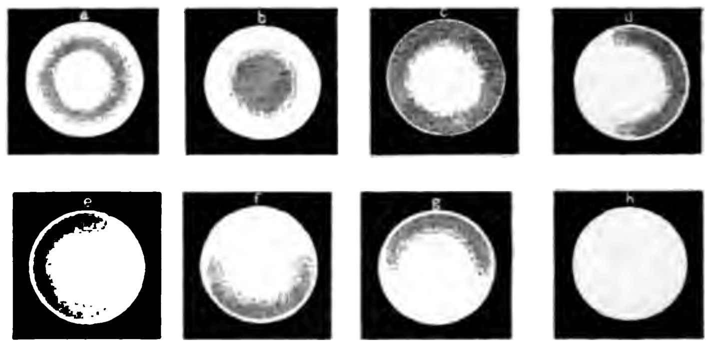


Fig. 42.

mässige Abnahme der Helligkeit nach dem Rande hin aus Gründen, die wir in früheren Abschnitten erörterten, unvermeidlich ist. Ausserdem behält der häufig in der Mitte des Bildfeldes vorhandene, nicht immer zu beseitigende Lichtfleck besondere Helligkeit.

Ferner soll die Begrenzung des weissen Feldes (d. h. die Abbildung der Kondensorfassung) scharf und frei von Farbensäumen sein. Allerdings müssen wir auch hier eine Einschränkung machen: Selbst bei bester Centrierung bleibt ein ganz schmaler roter Saum, d. h. die Abbildung der äussersten Randzone der dem Objektiv zugekehrten Kondensorlinse. Da diese Linse nicht achromatisch ist, so muss die äusserste Randzone sich als roter Saum darstellen. Derselbe wird nur dann fast völlig zum Verschwinden gebracht, wenn die Fassung weit über die Linse übergreift.

Kann man durch keine Stellung der Lampe scharfe Begrenzung des hellen Feldes erreichen, so ist dies ein Beweis dafür, dass das benutzte Objektiv nicht genügend grosse Winkelöffnung hat und daher nur für kleinere Kondensoren und kleinere Bildformate brauchbar ist.

Steht die Lampe zu nahe am Kondensor, so zeigen sich auf dem weissen Schirm bläulich-schwarze Schatten, wie sie in Fig. 42, *a* und *b* dargestellt sind; steht sie dagegen zu fern vom Kondensor, so tritt am Rande ein rötlicher

Schatten auf (Fig. 42, *c*), der um so breiter wird, je weiter man die Lampe zurückschiebt. Richtet man hierbei gleichzeitig sein Augenmerk auf die dem Kondensor zugekehrte Objektivlinse, so sieht man, dass der zuerst beschriebene bläulich-schwarze Schatten auf dem weissen Schirm vorhanden ist, wenn der vom Kondensor kommende Strahlenkegel einen grösseren Durchmesser hat, als die Objektivlinse, dass dagegen der rötliche Schatten (Fig. 42, *c*) auf dem Schirm auftritt, wenn der Strahlenkegel kleiner ist, als die Objektivlinse. Nur wenn der Strahlenkegel die Objektivlinse eben bedeckt, ist der Schirm gleichmässig hell (Fig. 42, *h*). Steht die Lichtquelle zu weit nach rechts, so hat man einen sichelförmigen, bläulich-schwarzen Schatten auf der rechten Hälfte des Schirmes (Fig. 42, *d*). Die Fig. 42, *e*, *f*, *g* zeigen die Form des sichelförmigen Schattens, wenn die Lichtquelle zu weit nach links (*e*), zu niedrig (*f*), zu hoch (*g*) steht. Der sichelförmige Schatten steht also stets an derjenigen Seite, nach der hin die Lichtquelle zu weit verschoben ist.

Diese Verhältnisse zeigen sich rein nur bei punktförmigen Lichtquellen und solchen mit geringer Flächenausdehnung.

In früherer Zeit spielten die Reflektoren an Projektionsapparaten eine Hauptrolle; sie sind auch heute noch nicht insgesamt dorthin gewandert, wo sie hingehören: in die Rumpelkammer. Bei Besprechung der Kondensoren sahen wir, dass nur ein kleiner Teil der von der Lichtquelle gelieferten Strahlenmenge auf den Kondensor gelangt; der Gedanke liegt also nahe, durch einen Reflektor insbesondere diejenigen Strahlen für das Bild nutzbar zu machen, welche nach der dem Kondensor entgegengesetzten Seite ausstrahlen.

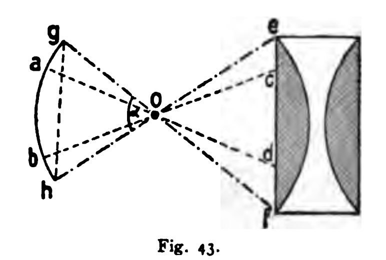


Fig. 43.

Die gewünschte Wirkung ist nur von solchen Reflektoren zu erwarten, welche die Strahlen genau nach der Lichtquelle zurückwerfen. Dies geschieht aber nur, wenn der Reflektor eine Kugelhaube ist, in deren Krümmungsmittelpunkte sich die Lichtquelle befindet und die optische Achse des Reflektors mit derjenigen der Beleuchtungslinsen, in welcher auch die Lichtquelle liegt, zusammenfällt (Fig. 43). Anderenfalls würde man zwei an verschiedenen Punkten gelegene Lichtquellen haben: die eigentliche und das Bild derselben; die Folge davon wäre ungleichmässige Beleuchtung.

Der Reflektor darf nicht kleiner sein, als dies in Fig. 43 dargestellt ist, d. h. die auf den Rand des Reflektors fallenden Strahlen *o g* und *o h* müssen nach dem Reflektieren den Rand des Kondensors erreichen. Reicht z. B. der Reflektor nur von *a* bis *b*, so erhält der zwischen *c* und *d* gelegene Kondensorabschnitt die direkt von der Lichtquelle und die reflektierten Strahlen, die Randzone des Kondensors (*c e*, *d f*) dagegen nur die direkt von der Lichtquelle kommenden Strahlen; letztere bleibt also dunkler.

Wie beim Kondensor ist auch die auf den Reflektor fallende Lichtmenge abhängig von der Grösse des Winkels α und proportional der Grösse

$\sin^2 \frac{\alpha}{4}$ (oder $1 - \cos \frac{\alpha}{2}$; s. S. 19). Der notwendige Durchmesser $g\,h$ des Reflektors ergiebt sich aus der Formel:

$$g\,h = 2\,r \sin \frac{\alpha}{2},$$

wobei r den Kugelradius $o\,g$ bedeutet.

Unter der Voraussetzung, dass die Lichtquelle ihr Licht gleichmässig nach allen Seiten hin sendet, würde man bei der in Fig. 43 dargestellten Anordnung doppelt so viel Licht auf dem weissen Schirm erhalten, wie ohne Reflektor — wenn der Reflektor im stande wäre, das gesamte auf ihn fallende Licht zurückzuwerfen und wenn die Flamme für Licht vollkommen durchlässig wäre. Nun trifft aber beides nicht annähernd zu. Die Lichtverluste an den besten Metall- oder Glasspiegeln betragen mindestens 10 Prozent; bei älteren, nicht mehr ganz blanken Spiegeln sind sie erheblich höher. Weit bedeutender als diese Lichtverluste sind jedoch diejenigen, welche durch Absorption des reflektierten Lichtes beim Durchgang durch die Flamme herbeigeführt werden. Der Absorptionskoeffizient ist um so grösser, je intensiver leuchtend das Licht ist. Am günstigsten liegen die Absorptionsverhältnisse bei Öl- und Petroleumrundbrennern; bei einer Flammendicke von 1 cm gehen hier etwa 15 Prozent, bei Flammendicke von 3 cm schon 35 bis 40 Prozent des hindurchtretenden Lichtes durch Absorption verloren. Derartige Brenner werden jedoch bei der Projektion infolge ihrer sonstigen ungünstigen Lichtverhältnisse beinahe niemals verwendet. Bei den vielfach benutzten, mehrdochtigen Petroleumflachbrennern (Fig. 32, S. 50), welche ihre Schmalseite dem Kondensor zukehren, gelangt reflektiertes Licht überhaupt nicht mehr durch die Flamme hindurch zum Kondensor. Bei Acetylen liegen die Verhältnisse noch ungünstiger, wie bei Petroleumlicht, weil der Absorptionskoeffizient grösser ist, als bei letzterem. Bei Auerlicht setzt das undurchsichtige Gewebe des Glühstrumpfes dem Hindurchpassieren der reflektierten Strahlen ein Hindernis entgegen. Bei der elektrischen Glühbirne kann man, da der glühende Kohlefaden völlig undurchsichtig ist, mit Hilfe des Reflektors einen Lichtgewinn dadurch herbeiführen, dass man das Bild der Lichtquelle unmittelbar neben dem Kohlefaden entwirft. Doch ist zu berücksichtigen, dass die Strahlen auf dem Wege nach dem Reflektor und zurück zweimal die gläserne Birne zu passieren haben, was durch Reflexion an vier Flächen (abgesehen von der Fläche des Reflektors) einen Lichtverlust von ungefähr 40 Prozent bedingt.

Bei Kalk- und Zirkonlicht ist selbstverständlich der Reflektor völlig nutzlos, ebenso bei Gleichstrombogenlicht, weil infolge der Stellung der Kohlen (Fig. 38, S. 59) die gesamte Lichtmenge zum Kondensor hin gestrahlt wird. Benutzt man bei Wechselstrom exzentrisch durchbohrte Kohlestifte (s. S. 62), so strahlt ebenfalls beinahe die gesamte Lichtmenge zum Kondensor. Anderenfalls wird bei Wechselstrom die Hauptmenge des Lichtes weder nach vorn noch nach hinten, sondern nach oben und unten geworfen, so dass ein Reflektor nichts nutzt. Übrigens müsste, da das Bogenlicht für Licht undurchdringlich ist, das Bild der Lichtquelle neben dem Flammenbogen entworfen

werden. Bei dem unvermeidlichen Flackern und Umherwandern des Lichtbogens würde das Bild der Lichtquelle häufig auf die hintere Seite der Kohlestifte fallen und die Beleuchtung ganz unregelmässig werden.

Völlig unbrauchbar sind die vielfach empfohlenen parabolischen Reflektoren, welche das reflektierte Licht parallel zum Kondensor senden. Diese Strahlen werden dann durch die der Lichtquelle zugewendete Kondensorlinse so gebrochen, dass sie konvergierend auf die zweite Kondensorlinse fallen. Die Folge hiervon ist unregelmässige Beleuchtung des weissen Schirms. Ausserdem müssen die vom parabolischen Spiegel reflektierten Strahlen einen Schatten der Lichtquelle auf der Beleuchtungslinse entwerfen, welcher auf dem weissen Schirm deutlich wahrnehmbar ist.

Alles in allem können wir sagen: „Fort mit den Reflektoren", weil der im günstigsten Falle durch dieselben gebrachte Nutzen verschwindend geringfügig ist.

Das Glasbild.

Wenn wir bei Besprechung des Kalklichtes in Bezug auf die Herstellung von Sauerstoff sagten, dass hier für die Verfasser von Werken über Projektion eine vorzügliche Gelegenheit gegeben ist, leere Seiten zu füllen, so gilt dies in noch viel höherem Maasse von dem Glasbilde (Diapositiv). Mit Angaben über Anfertigung derselben lassen sich viele Bogen füllen; man braucht in Bezug auf diesen Punkt nicht einmal eigene Kenntnisse zu besitzen, sondern sich nur an ein bewährtes Lehrbuch der Photographie anzulehnen.

Wir wollen uns bei dem überreichen Stoffe, welchen die verschiedensten auf Projektion sich beziehenden Fragen darbieten, bei dem Glasbilde, insbesondere bei Herstellung desselben, möglichst kurz fassen. Wer sich hierüber genauer unterrichten will, findet alles Nötige in dem Buche von G. Mercator: Die Diapositivverfahren (Halle a. S. 1897, Verlag von W. Knapp, Preis 2 Mk).

Soll das Glasbild auf dem weissen Schirm in allen feinen Abstufungen der Helligkeit erscheinen, so darf es in den Halbschatten keine starke Deckung aufweisen; insbesondere müssen die Lichter glasklar sein. Hauptsächlich wegen letzterer Forderung sind hochempfindliche Bromsilbertrockenplatten für Diapositive ungeeignet.

Früher waren Pigmentbilder sehr beliebt, da sie bei klaren Lichtern durchsichtige Schatten und Halbschatten liefern. Abgesehen davon, dass bei ihrer Herstellung die richtige Belichtungszeit einige Schwierigkeiten bereitet, zeigen sie unangenehme, durch das Gelatinerelief erzeugte Lichtsäume, welche am störendsten auftreten, wo die Gegensätze zwischen Hell und Dunkel am stärksten sind. Ausserdem hat die Bildschicht Neigung, sich nach einiger Zeit vom Glase loszulösen. Infolge dieser Übelstände und der Leichtigkeit der Herstellung von entwickelbaren Silberbildern werden die Diapositive jetzt

fast ausschliesslich auf Silberemlusionsplatten gefertigt. Da, wie oben bemerkt, hochempfindliche Bromsilberemulsion hierfür ungeeignet ist, benutzt man Chlorsilber oder eine Mischung von Chlor- und Bromsilber. Reine Chlorsilberemulsion liefert die durchsichtigsten Bilder. Diese Emulsion ist jedoch derart lichtdurchlässig, dass bei der Belichtung durch Reflexion an der Rückseite des Glases Lichthöfe entstehen. Erst in jüngster Zeit ist dieser Übelstand dadurch beseitigt, dass die „Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation in Berlin" Chlorsilberplatten für Diapositive in den Handel bringt, welche in derselben Weise, wie hochempfindliche, lichthoffreie Isolarplatten einen nach dem Fixieren verschwindenden roten Unterguss haben. Die Isolarchlorsilberplatten sind das ausgezeichnetste Material, welches wir für Herstellung von Diapositiven besitzen: Die Lichter sind glasklar und die Halbschatten vorzüglich durchsichtig, bei kräftiger Deckung der tiefen Schatten.

Die Erkenntnis, dass Chlorsilberemulsion ohne ein Mittel zur Beseitigung der Lichthöfe zur Herstellung von Diapositivplatten nicht brauchbar ist, führte frühzeitig dazu, zum Chlorsilber einen Zusatz von Bromsilber zu machen oder reines, aber wenig gereiftes Bromsilber zu verwenden. Platten, bei denen die Bildschicht genügend undurchsichtig ist, um Lichthofbildung zu vermeiden, geben aber niemals so klare und für die Projektion geeignete Bilder, wie reine Chlorsilberemulsion.

Die Belichtung der Diapositivplatten geschieht im Kopierrahmen vor der Petroleum- oder Gasflamme. Bei Abstand der Flamme von ungefähr 50 cm beträgt die Belichtungszeit 2 bis 100 Sekunden, je nach der Empfindlichkeit der Platten, der Helligkeit der Flamme und der Dichte des Negativs. Die vielfach empfohlene Belichtung mit Hilfe von Magnesiumband können wir nicht befürworten, weil man sich einerseits die Dunkelkammer mit Magnesiadämpfen anfüllt, andererseits die genaue Abmessung der richtigen Belichtungszeit viel schwieriger ist, als bei Petroleum- und Gaslicht. Belichtung mit Tageslicht ist wenig empfehlenswert, weil hierbei zu leicht Überexposition eintritt.

Entwickelt wird mit irgend einem Hervorrufer. Die Fabrikanten pflegen geeignete Entwicklervorschriften den Plattenpaketen beizulegen. Verfasser entwickelt stets mit Amidol, welches sich für Diapositive besonders eignet. Die Platten dürfen im Hervorrufer nicht gequält werden, weil sich sonst Gelbschleier einstellt. Die Entwickelung verläuft erheblich schneller, als bei hochempfindlichen Trockenplatten. Man benutze stets saures Fixierbad. Sehr günstig wirkt nachfolgende Verstärkung mit Sublimat und Schwärzung mit schwefligsaurem Natron. Die Zunahme der Deckung ist hierbei geringfügig, die Farbe des Silberniederschlages wird jedoch in Dunkelbraun oder Schwarz übergeführt, und die Lichter sind nach der Verstärkung klarer wie vorher.

Das Diapositiv lässt sich in derselben Weise wie Bromsilberpapier durch Uran, Eisensalze u. s. w. rot, gelb, grün oder blau tonen. Wer ein Freund von bläulichen Mondscheineffekten ist, wird durch entsprechende Tonung weit Besseres erzielen, als durch Vorsetzen farbiger Scheiben. Es bietet angenehme Abwechselung, wenn die Reihe der schwarzen Bilder gelegentlich durch eine

Röteltonung unterbrochen wird. Man vermeide es, Landschaften grün zu tonen; denn wenn sich auch ein ganz brauchbares Laub- und Wiesengrün erreichen lässt, so wirkt doch der Umstand, dass alle übrigen Gegenstände grün sind, störend. Stellt das Diapositiv lediglich Cirrus- (Feder-) Wolken dar, so wird man blau tonen und die Platte dann lackieren, um den Eindruck des blauen Himmels mit weissen Wölkchen zu haben.

Dass man Diapositive auch nach dem nassen Kollodiumverfahren, ferner mit Hilfe von Eiweissplatten, Abziehemulsionspapieren u. s. w. herstellen kann, erwähnen wir nur nebenbei. Die durch einfache Behandlung und vorzügliche Resultate sich auszeichnenden Chlorsilberemulsionsplatten können hierdurch niemals verdrängt werden.

Das fertige Diapositiv ist mit durchsichtiger Glasplatte zu bedecken, damit die Bildschicht geschützt wird. Zu Deckgläsern benutze man dünnes, weisses, blasenfreies Glas, wie es eigens für diesen Zweck von zahlreichen Firmen (z. B. Leitz, Berlin, Luisenstr. 29; Talbot, Berlin, Kaiser Wilhelmstr. 46) geliefert wird. Auf gleichmässige Dicke der Deckgläser ist besonders zu achten, damit man nicht während der Projektion bei jedem Bilde die Einstellung ändern muss. Es empfiehlt sich, zwischen Bildschicht und Deckglas an zwei gegenüberliegenden Seiten einen schmalen Streifen von dünnem Papier einzufügen, weil bei direkter Berührung von Deckglas und Bildschicht sich Newtonsche Farbenringe bilden, die sich bei der Projektion unangenehm bemerkbar machen. Das Verkleben von Bild und Deckglas geschieht mit Hilfe von schmalen Streifen schwarzen Papiers. Für die Klarheit der Bilder ist es ein erheblicher Gewinn, wenn man Bildschicht und Deckglas mit Kanadabalsam verbindet; auch werden dann die durch Reflexion an der Innenseite des Deckglases entstehenden Lichtverluste vermieden. Leider ist dies Verfahren allgemein nicht durchführbar, weil der Balsam ausserordentlich langsam trocknet und beim Eintrocknen desselben häufig von den Rändern ausgehende Luftblasen entstehen.

Von grösster Wichtigkeit für den glatten Verlauf eines Projektionsvortrages ist richtiges Bezeichnen der Bilder. Hier sollte endlich ein einheitliches Verfahren angenommen werden, damit, wenn Bilder von verschiedenen Verfertigern durcheinander projiziert werden, keine Verwirrung beim Einstecken der Diapositive in den Rahmen vorkommt. In Bezug auf einheitliche Bezeichnung wurden die thörichtesten Vorschläge gemacht: man solle eine weisse Marke von bestimmter Form in irgend einer Ecke anbringen u. s. w. Die einzig naturgemässe Bezeichnung ist diejenige, wo, wenn man das Bild in der für die Betrachtung richtigen Lage vor sich hat, der als Marke dienende, schmale, weisse Papierstreifen in der Mitte des unteren Randes sich befindet. Steckt dann das Bild im Schieberahmen, so muss sich bei Aufsichtprojektion diese Marke oben, auf der dem Kondensor zugekehrten Seite des Diapositivs befinden. Die Marke kann die Nummer oder eine kurze, auf das Bild sich beziehende Notiz tragen. Manche lieben es, ein grösseres Plattenformat anzuwenden, als dies durch das Bildformat bedingt wird, lediglich deshalb, um jedes Diapositiv mit einer ausführlicheren Beschreibung versehen zu können. Mag nun der

für die Beschreibung verfügbare Raum oben oder unten, rechts oder links vorhanden sein, niemals sollte die genannte weisse Marke in der Mitte des unteren Randes fehlen; dann wird das falsche Einstecken der Bilder in den Schieberahmen endlich eingeschränkt werden.

Unerlässlich notwendig ist es, die Diapositive in einem trockenen, warmen Raum aufzubewahren. Geschieht dies nicht, so bildet sich bald auf der Innenseite des Deckglases ein feiner Niederschlag, welcher die Durchsichtigkeit des Bildes wesentlich vermindert. Recht bequem für die Aufbewahrung und Projektion, aber bei grossen Bildvorräten etwas kostspielig, sind Nutenkästen, von denen jeder 50 bis 100 Diapositive zu fassen vermag.

Wo es gilt, Diapositive in grosser Auflage für billiges Geld herzustellen, ist folgendes, von Babes[1]) in Bukarest empfohlenes Verfahren am Platze: Die Bilder werden mit Hilfe von Zinkklischees, wie dieselben für Buchdruckautotypie verwendet werden, auf feinstem Seidenpapier gedruckt. Letzteres wird zwischen zwei Glasplatten mittels Kanadabalsam durchsichtig gemacht. Dann verklebt man die Ränder der Platten wie bei gewöhnlichen Diapositiven. Eine weitere Vervollkommnung dieses Verfahrens schlug Dr. O. v. Eversbusch[2]) vor: Er lässt statt auf Seidenpapier die Drucke auf dünnen Gelatine- oder Celluloidhäutchen ausführen. Diese Häutchen werden zwischen zwei Glasplatten montiert und ergeben ein vorzüglich klares Diapositiv. Selbst farbige Lithographien, die statt auf Papier auf dünnen Celluloidhäutchen gedruckt werden, lassen sich in dieser Weise als Projektionsbilder verwerten. Die Verlagsbuchhandlung von Wilh. Engelmann in Leipzig liefert einfarbig bedruckte Celluloidhäutchen: 25 Stück zu 3 Mk. und 100 Stück zu 7,40 Mk.; jede weitere Farbe bedingt eine Erhöhung der Preise um 1 Mk.

Farbige Diapositive lassen sich nach dem Dreifarbenverfahren (Selle, Lumière u. s. w.) herstellen; doch erfordert dies erhebliche Übung. Will man die Bilder kolorieren, so kann dies mit Lackfarben und Anilinfarben geschehen. Ein ungeschickt, besonders mit zu grellen Farben bemaltes Bild wirkt schlechter, als ein nicht bemaltes.

Eine eigenartige Spielerei sind Diapositive, die sich im Projektionsapparat von selbst kolorieren. Man stellt dieselben mit Lösungen her, die in der kühlen, feuchten Luft farblos sind, aber durch Hitze Farben annehmen, welche in der Kälte wieder verschwinden. Kupferbromid wird bei Erhitzung braun, Kobaltbromid grün, Kobaltacetat blau. In dieser Weise lässt sich z. B. eine Winterlandschaft in eine Frühlingslandschaft verwandeln: Eine Glasplatte wird mit Kautschuklösung übergossen und gut getrocknet. Dann legt man dieselbe mit der Schicht nach oben auf die Winterlandschaft und zeichnet die Umrisse mit Kupferbromid auf, übermalt das Gras und die Bäume mit Kobaltbromid und den Himmel mit Kobaltacetat. Diese Platte bringt man auf dem Diapositiv so in den Apparat, dass die bemalte Schichtseite der Lichtquelle zugekehrt ist.

[1]) Photogr. Rundschau 1900, Heft 8, S. 166.
[2]) Graefes Archiv für Ophthalmologie, Bd. 50, Abt. 1, S. 161.

Auf die Projektion naturfarbiger, nach Lippmanns Verfahren gefertigter Bilder kommen wir später in einem besonderen Abschnitte zurück.

Die gebräuchlichen Bildformate wurden eingehend in dem Abschnitte über den Bildhalter (S. 25) besprochen. Wie dort auseinandergesetzt, brachte die fortschreitende Entwickelung der Amateurphotographie eine Vergrösserung des Diapositivformates mit sich, welche in dem gegenwärtig weit verbreiteten Formate 9 × 12 cm ihren Abschluss fand. Gegen letzteres wurde — hauptsächlich von Fabrikanten der Glasbilder und solchen, die sich überhaupt jedem Fortschritt verschliessen — mit äusserster Erbitterung angekämpft. Den Fabrikanten und Händlern kann man ihre Erregung verzeihen: sehen sie sich doch bei allgemeiner Einbürgerung des 9 × 12-Formates mit ihrem nach vielen Tausenden zählenden, alten Bildervorrate nebst zugehörigen Negativen aufs Trockene gesetzt. Um das 9 × 12-Format zu diskreditieren, wurden die wunderbarsten Rechenexempel aufgestellt, welche haarscharf beweisen sollen, dass nur mit dem alten Normalbildformate (7 × 7 cm) günstige Ausnutzung des Lichtes zu erzielen ist. Dergleichen Rechenkünstler sind längst ein Spott der Welt geworden, und die gerade für grosse Bildformate besonders günstigen Lichtverhältnisse führten dem 9 × 12-Format immer neue Freunde zu.

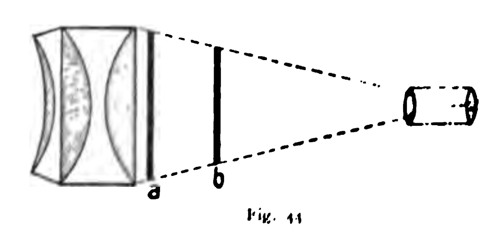


Fig. 44

Das Bild der 9 × 12-Platte hat eine Oberfläche von 8 × 11 = 88 qcm. Vergleichen wir hiermit die Bildoberfläche der 8 × 8-Platte, so müssen wir, damit der Vergleich stichhaltig ist, zunächst eine Reduktion des quadratischen Formates auf das rechteckige vornehmen, bei dem das Verhältnis der Höhe zur Breite wie 8 : 11 ist. Nach Abzug des auf jeder Seite 0,5 cm breiten, schwarzen Papierrandes verbleiben für die Breite 7 cm; die Höhe des Bildes muss demnach 5,1 cm betragen; die Bildoberfläche misst also 35,7 qcm. Bei sonst gleichen Vorbedingungen und bei Vergrösserung der Bilder auf dieselbe Bildgrösse steht also die Helligkeit des von der 9 × 12-Platte projizierten Bildes zu der Helligkeit des von der 8 × 8-Platte projizierten im Verhältnis von 88 : 35,7 oder wie 2,46 : 1. Die 9 × 12-Platte liefert also ungefähr ein [illegible] mal so helles Bild! Etwas besser liegen die Verhältnisse bei der [illegible]-Platte.

Allerdings lassen sich diese für kleine Platten ausserordentlich ungünstigen Lichtverhältnisse dadurch ausgleichen, dass man einen Projektionsapparat mit verschiebbarer Bildbühne benutzt (a Fig. 44) [illegible] bei Projektion einer 9 × 12-Platte [illegible] wird die Bildbühne [illegible] kommende Strahlenkegel [illegible] reicht, dass also [illegible] Strahlenkegels [illegible] Strahlenkegel [illegible]

müssen die auf dem weissen Schirm auf dieselbe Bildgrösse gebrachten Bilder gleich hell sein. Um das kleinere Bild auf dem weissen Schirm auf die Bildgrösse des grossen zu bringen, muss man ein Objektiv von kürzerer Brennweite benutzen. Hat man z. B. bei dem Bilde von 11 cm grösster Seitenlänge bei einem Schirmabstand von 8 m ein Objektiv von 28,3 cm Brennweite nötig, damit die grösste Seitenlänge des Bildes auf dem weissen Schirm 3 m beträgt, so muss man bei dem Bilde mit 7 cm grösster Seitenlänge ein Objektiv von 18,24 cm Brennweite benutzen, um auf dem Schirm ein ebenso grosses Bild zu erhalten (vergl. S. 41). Dieser Unterschied in der Brennweite der Objektive entspricht ungefähr der notwendigen Verschiebung des Diapositivs. Kleine Differenzen in der Breite des Strahlenkegels lassen sich durch Verschieben der Lampe ausgleichen.

Da wegen des grossen Bildervorrates mit dem alten Normalformat und wegen des bekannten Nachahmungstriebes des Deutschen in Bezug auf alles, was vom Auslande[1]) kommt, an ein völliges Verschwinden des kleinen Plattenformates vorläufig nicht zu denken ist, so wird jeder Besitzer eines Projektionsapparates häufig in die Lage kommen, Bilder der verschiedensten Formate projizieren zu müssen. Bei keinem guten Projektionsapparate darf daher eine Vorrichtung fehlen, welche das Verschieben der Bildbühne ermöglicht. Besitzt der Apparat eine Einrichtung, welche gestattet, unmittelbar vor dem Kondensor eine Absorptionsküvette einzusetzen, so kann man sich im Notfalle damit behelfen, dass man den Schieberahmen für Format 9 × 12 cm an Stelle der Absorptionsküvette, die Rahmen für kleinere Formate dagegen in der weiter nach dem Objektiv hin gelegenen Bildbühne einsetzt.

Von Wichtigkeit ist die Frage, ob die Lichtverhältnisse verschieden sind, wenn man das Bildformat 7 × 7 cm mit kleinem Kondensor von 10 cm Durchmesser oder mit einem grossen, für das 9 × 12-Plattenformat berechneten projiziert — bei letzteren natürlich Verschiebbarkeit der Bildbühne vorausgesetzt. Bei unseren vergleichenden Berechnungen wählen wir den früher (S. 37 u. 44) wiederholt besprochenen dreiteiligen Kondensor mit freiem Durchmesser der plankonvexen Linsen von 15,5 cm; bei achsenparallelem Licht beträgt der Abstand der Lichtquelle von der Meniskuslinse 12,4 cm und der Durchmesser der wirksamen Öffnung der letzteren 12 cm; die vom Kondensor kommenden Strahlen schneiden sich dann in einem Abstande von 28 cm von der ebenen Fläche der Kondensorvorderlinse. Zum Vergleiche wird ein zweiteiliger Kondensor von 10 cm Linsendurchmesser, 5 cm Dicke und 9,25 cm Gesamtbrennweite benutzt, bei welchem für achsenparalleles Licht der Abstand der Lichtquelle von der Hinterlinse und daher auch der Abstand des Schnittpunktes der Strahlen von der Vorderlinse 16 cm beträgt (s. S. 12). Wir sind gezwungen, hier einen zweiteiligen zu nehmen, weil, wie bereits früher (S. 17) bemerkt, die kleinen Kondensoren aus bestimmten Gründen nur zweiteilig

[1]) Dass die mit grösster Zähigkeit am Alten festklebenden Engländer, deren Gewohnheiten für viele Deutsche leider immer noch maassgebend sind, sich jemals zu einem vernünftigen Plattenformate bekehren werden, ist nicht zu erwarten.

angefertigt werden. Bei dem grossen dreiteiligen Kondensor beträgt (bei achsenparallelem Licht) in 9,5 cm Abstand von der Vorderfläche der vorderen Kondensorlinse der Durchmesser des vom Kondensor kommenden Strahlenkegels 10 cm, also ebensoviel, wie der Durchmesser der Vorderlinse des kleinen Kondensors. Unter Berücksichtigung der Dicke des Bildschiebers (1 cm) stellen wir also das Diapositiv mit 7×7 cm Bildformat so auf, dass es sich in einer Entfernung von 10,5 cm von der Vorderfläche des dreiteiligen Kondensors befindet; dann nimmt es innerhalb des Lichtkegels dieselbe Stellung ein, als wenn es sich bei dem kleinen, zweiteiligen Kondensor in 1 cm Abstand von der Vorderlinse befindet. Bei dem grossen, dreiteiligen Kondensor schneiden sich demnach die Strahlen in einer Entfernung von 17,5 cm vom Diapositiv.

Wir müssen, um bei beiden Kondensoren vergleichbare Lichtverhältnisse zu haben, nun erst berechnen, in welcher Entfernung von der Hinterlinse des kleinen, zweiteiligen Kondensors die Lichtquelle aufzustellen ist, damit sich bei demselben die Strahlen ebenfalls in einem Abstande von 17,5 cm vom Diapositiv schneiden.

$$a = \frac{bf}{b-f} = \frac{(17{,}5 + 1 + 2{,}5) \cdot 9{,}25}{17{,}5 + 1 + 2{,}5 - 9{,}25} = 16{,}5.$$

Bei dem kleinen, zweiteiligen Kondensor muss also der Abstand der Lichtquelle von der Hinterlinse $16{,}5 - 2{,}5 = 14$ cm betragen. Die wirksame Öffnung der Hinterlinse hat dann einen Durchmesser von 9,4 cm.

Wir kommen also zu folgendem Resultat: Damit in beiden Fällen der Lichtkegel das 7×7 cm-Bild eben deckt und sich die Strahlen im Abstande von 17,5 cm vom Diapositiv schneiden (damit man also dasselbe Objektiv in beiden Fällen anwenden kann), steht die Lichtquelle bei dem grossen, dreiteiligen Kondensor 12,4 cm von der Hinterlinse entfernt, und der Durchmesser der wirksamen Öffnung der letzteren beträgt 12 cm; bei dem kleinen, zweiteiligen Kondensor steht sie dagegen 14 cm von der Hinterlinse entfernt, und der Durchmesser der wirksamen Öffnung derselben beträgt 9,4 cm. Bei punktförmiger Lichtquelle verhält sich also die von dem grossen, dreiteiligen Kondensor aufgenommene Lichtmenge zu der von dem kleinen, zweiteiligen Kondensor aufgenommenen Lichtmenge wie 2,07 : 1. Hiervon sind die etwa 20 Prozent betragenden Lichtverluste in Abzug zu bringen, welche durch Reflexion und Absorption in der Meniskuslinse verloren gehen (s. S. 14). Man erhält dann also (bei gleicher Bildgrösse auf dem weissen Schirm) ein 1,67 mal helleres Projektionsbild, wenn man das 7×7-Bild mit dem grossen, dreiteiligen, als wenn man dasselbe Bild mit dem kleinen, zweiteiligen Kondensor projiziert. Dies Ergebnis mögen sich diejenigen merken, welche in blinder Wut gegen das Plattenformat 9×12 cm kein gutes Haar an den grossen Kondensoren lassen.

Um in ungewöhnlich grossen Sälen auf Riesenvorhängen die nötige Helligkeit zu erzielen, wird man neben der höchsten, zulässigen Ampèrezahl (etwa 50 bis 60, aber nur mit Handregulierlampen!) noch grössere, dreiteilige Kondensoren, als solche mit 16 cm Durchmesser verwenden.

In Ermangelung von stichhaltigen Gründen machte man die haltlosesten Einwände gegen das grosse Plattenformat: man solle bei dem alten „Normalformat“ bleiben, damit die Besitzer von Stereoskopkameras, wo jede Plattenhälfte dies Format hat, nach jeder Bildhälfte durch Kontaktdruck ein Laternenbild herstellen können. Als ob die Zukunft der Projektion von den Besitzern der Stereoskopkameras abhängt, und eine kleinere Negativplatte sich nicht auch unmittelbar auf eine Diapositivplatte 9 × 12 cm kopieren lässt! Endlich wird der „viel höhere“ Preis der grösseren Platten ins Feld geführt. Thatsächlich liegen die Verhältnisse so, dass im Durchschnitt das Dutzend 9 × 12-Diapositivplatten 2 Mk., das Dutzend 8 × 8-Platten 1,25 Mk. kostet. Ein so geringfügiger Preisunterschied spielt bei den sonstigen Kosten der Aufnahme u. s. w. keine Rolle. Nicht zu vergessen bleibt, dass man bei Anfertigung der Diapositive viel mehr Ausschuss hat, wenn die Aufnahmen in der Kamera verkleinert werden müssen, als wenn man nach der Originalplatte im Kopierrahmen eine Kontaktkopie herstellen kann. Ausserdem ist das Verkleinern eine zeitraubende und mühselige Sache. Ganz abgesehen davon, dass man das jetzt auf Reisen beinahe ausschliesslich verwendete Plattenformat 9 × 12 cm ohne Verkleinerung für das grosse Diapositivformat benutzen kann, wird es sich häufig ereignen, dass ein 8 × 11 cm messender Ausschnitt aus einer grösseren Platte ohne Verkleinerung ein vorzügliches Bild liefert, während dies bei dem Ausschnitte von 7 × 7 cm nicht mehr der Fall ist.

Wohlweislich wird von den Gegnern des 9 × 12-Formates verschwiegen, dass es für die Schärfe des projizierten Bildes von Wert ist, wenn man, um auf dem weissen Schirm bestimmte Bildgrösse zu haben, die Vergrösserung des Glasbildes nicht so weit zu treiben braucht, wie bei dem kleinen Format. Um ein Bild von 11 cm grösster Seitenlänge auf 3 m zu bringen, ist 27,3-fache Vergrösserung notwendig; um dagegen ein Bild von 7 cm auf 3 m zu bringen, bedarf man 42,8 facher Vergrösserung!

Alles in allem ist es daher in jeder Beziehung von Vorteil, wenn man die Glasbilder auf Platten 9 × 12 cm herstellt. Kleine Bilder geben die beste Helligkeit, wenn man sie mit grossen, dreiteiligen Kondensoren projiziert; Vorbedingung ist hierbei Verschiebbarkeit der Bildbühne.

Die früher zum Bedecken der Bilder allgemein verwendeten schwarzen Papiermasken, die bei dem alten „Normalformat“ den Bildern die Grösse 7 × 7 cm mit abgerundeten Ecken gaben, in neuerer Zeit aber auch in anderen Grössen mit oder ohne abgerundete Ecken hergestellt wurden, sind ein Überbleibsel aus einer überwundenen Periode der Projektionskunst. Die verschiedenen Bilder lassen sich nicht über einen Leisten behandeln. Manches Landschaftsbild ist unter der landesüblichen Maske völlig reizlos, während es vorzüglich wirkt, wenn man vom Himmel oder Vordergrund einen Teil abdeckt. Man muss also bei jedem Bilde individualisieren; das lässt sich niemals mit den schematischen Masken erreichen. Daher ist es auch ganz nutzlos, darüber zu streiten, ob vom künstlerischen Standpunkte aus ein quadratisches oder anders gestaltetes Bild vorzuziehen sei. Dass man selbst mit kreisrundem Format vorzügliche Wirkung erzielen kann, bewies Raffael mit seiner Madonna

della sedia. Wer jedoch keine Anlage zum Raffael in sich spürt, verzichte lieber auf kreisrunde Formate; sie wirken meist recht kläglich und erinnern allzu lebhaft an das Kinderspielzeug Laterna magica.

Der weisse Schirm.

Die Beschaffenheit des zum Auffangen der Strahlen bestimmten weissen Schirms ist von wesenstlichem Einfluss auf die Helligkeit des Bildes. Früher war es allgemein üblich, den Projektionsapparat hinter dem weissen Schirm aufzustellen. Zu dem Zwecke muss der Vorhang aus möglichst dünnem Schirting bestehen, damit die nötige Menge Licht durch denselben hindurchgelangt. Um die Durchlässigkeit zu erhöhen, wird der Stoff mit Glycerinwasser befeuchtet. Der Glycerinzusatz hat den Zweck, schnelles Auftrocknen des Wassers zu verhindern. Noch besser ist es, den Vorhang mit Paraffin, dem man etwas Baumöl hinzusetzt, zu durchtränken. Der Vorhang wird hierdurch sehr transparent, bleibt weich, und das lästige Anfeuchten fällt fort. Nach Bühring ist auch Pauseleinen für Projektion mit durchfallendem Licht sehr geeignet, in noch höherem Maasse aber ein unter dem Namen Linon im Handel befindliches Baumwollengewebe. Weit durchlässiger als irgend ein Gewebe sind geöltes Seidenpapier und Mattscheiben. Letztere verbieten sich für grosse Formate schon durch ihren hohen Preis und die Zerbrechlichkeit; sie sind jedoch für Durchsichtprojektion recht empfehlenswert bei solchen Projektionsmethoden, wo es sich, wie bei Vorführung Lippmannscher und Woodscher Farbenphotographien, wegen der Lichtschwäche der Bilder nur um mässige Vergrösserung handelt. Da man hierbei gewissermaassen in die Lichtquelle hineinsieht, so erscheinen die Bilder ausserordentlich hell. Leider hat man aber den Eindruck grosser Helligkeit nur, wenn man sich ungefähr in der Achse des vom Apparate ausgehenden Lichtkegels befindet. Steht der Zuschauer seitlich, wie dies bei der Mehrzahl der Plätze in grösseren Sälen stets der Fall sein wird, so erscheint das Bild dunkel. Hier liegen die Verhältnisse ähnlich, wie bei den Laternen der Lokomotive, wo man auf weite Entfernung hin durch den Glanz des Lichtes geblendet wird, sobald man sich in der Achse des von den Reflektoren zurückgestrahlten Lichtes befindet, aber nur ein unscheinbares Flämmchen sieht, wenn man sich die Laterne von der Seite betrachtet.

Mattscheiben für die Projektion lassen sich nach Behrens[1]) auch dadurch herstellen, dass man eine grosse, schwach angewärmte Glasplatte ganz dünn mit geschmolzenem Paraffin überzieht.

Selbst die dünnsten Gewebe bedingen bei Durchsichtprojektion ausserordentliche Lichtverluste; ausserdem kann es sich ereignen, dass der Zuschauer durch den Schirm das hell erleuchtete Objektiv als störenden Lichtfleck erblickt.

---

[1]) Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie, Bd. 15, 1898, S. 7 bis 23.

Wie früher auseinandergesetzt, liegen auch die Lichtverhältnisse an sich ungünstig, wenn man mit kurzbrennweitigen Objektiven arbeitet; solche Objektive sind aber bei Aufstellung des Apparates hinter dem weissen Schirm fast stets notwendig, weil der verfügbare Raum beschränkt ist. Aus all diesen Gründen ist die Durchsichtprojektion jetzt fast ganz verlassen.

Bei der Aufsichtprojektion ist es von grösstem Wert, dass das Licht von dem weissen Schirm in möglichst vollkommener Weise reflektiert wird. Am besten wird dies erreicht durch eine Gipsfläche oder weiss getünchte Wand; da dieselben jedoch in den seltensten Fällen vorhanden sind, so muss man sich der Regel nach mit einem weissen Vorhang aus Schirting oder Leinewand behelfen. Schirtingvorhänge werden aus einem Stück ohne Naht bis zu 6 × 6 m gefertigt. Leinentücher sind, bei beliebiger Länge, nur bis zu 2,5 m Breite erhältlich. Breitere Stücke werden nur zu sehr hohen Preisen angefertigt. Nähte machen sich, wofern sie nicht mitten durch das Bild laufen, bei der Projektion nicht besonders störend bemerkbar. Genähte Vorhänge rollen und spannen sich jedoch schlecht, und die bleibenden Falten beeinträchtigen die gleichmässige Helligkeit. Leinewandvorhänge reflektieren besser, wie solche aus Schirting; ihr Preis ist aber höher. Da man durch Bestreichen mit weisser Farbe die Poren schliessen und die Reflexionsfähigkeit des Schirting erhöhen kann, so genügen gute Schirtingvorhänge für alle Zwecke.

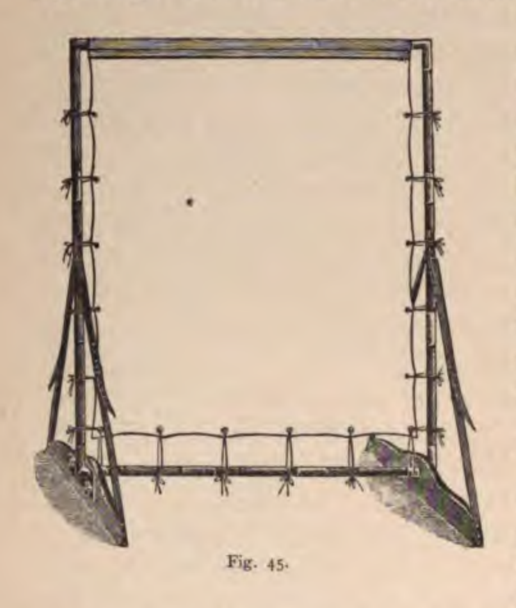


Fig. 45.

Über die notwendige Grösse des Vorhanges bei vorhandenem Objektiv und festem Standpunkte des Apparates sprachen wir auf S. 43. Vor übertriebener Grösse muss gewarnt werden. Das Bild gewinnt niemals, wenn es unnötig in die Länge gezogen wird, und die Riesenvorhänge sind schwer zu regieren. Über 4 × 4 m hinauszugehen, wird nur notwendig, wenn es sich um ungewöhnlich grosse Säle handelt.

Zum Aufspannen des weissen Schirms werden (z. B. von Liesegang in Düsseldorf und Unger und Hoffmann in Dresden) zusammenlegbare Gestelle (Fig. 45) in den Handel gebracht. Ein solches Gestell mit zugehörigem Schirtingvorhang in Grösse von 4 × 4 m nebst Beutel zur Aufbewahrung kostet 85 Mk., bei Grösse des Vorhangs von 2,5 × 2,5 m 30 Mk. Ohne Gestell kostet ein weisser Schirtingvorhang in Grösse von 2,5 × 2,5 m 14 Mk., in Grösse von 4 × 4 m 54 Mk.[1]) Bleibt der Vorhang dauernd an seinem Platze, so ist es zweckmässig, ihn unten mit einem starken Rundstabe zu versehen und ihn aufrollbar zu machen.

[1]) Bezugsquelle für 3 bis 5 m breite Schirtings, die nach laufendem Meter verkauft werden: Chr. George, Berlin, Breitestr. 25.

Um die Poren des Stoffes zu schliessen und dadurch die Reflexionsfähigkeit zu erhöhen, muss man denselben mit weissem Anstrich versehen. Verschiedenes wurde hierfür empfohlen, z. B. Stärkekleister, dem etwas Magnesia zugesetzt ist. Hierdurch erhält jedoch der Vorhang einen Stich ins Graue. Weisse Ölfarbe ist nicht zu brauchen, weil sie nach dem Trocknen brüchig wird und beim Rollen oder Zusammenlegen des Vorhangs ungleichmässig abspringt. Am besten bewährt sich ein Überstrich aus Zinkweiss, Ei (Eiweiss und Dotter), etwas Dextrin und wenig Gummiarabikum. Die Farbe ist breiartig; mit derselben ist der Vorhang auf beiden Seiten zu bestreichen. Ein solcher Vorhang bleibt weich und wird auch beim Zusammenrollen nicht brüchig.

Die Firma Zeiss empfiehlt zum Bestreichen des Vorhanges Zinkweissleimfarbe; kurz bevor die Farbe getrocknet ist, wird die Fläche mit Hilfe eines Zerstäubers mit feinst geschlämmter Kreide überpudert.

Noch besser als Schirting und Leinewand reflektiert weisses Papier. Unter den verschiedenen Papiersorten leistet das mit leichtem Gelbstich versehene Kupferdruckpapier das Hervorragendste. Die gewöhnlichen weissen Papiersorten zeigen, wenn sie vom Lichte des Projektionsapparates beschienen sind, in der Regel einen Stich ins Graue, während das gelbliche Kupferdruckpapier dann rein weiss erscheint. Genanntes Papier ist 1,5 m breit in beliebiger Länge durch jede grössere Papierhandlung zu beziehen, das laufende Meter kostet 1 Mk. Da dies Papier wenig widerstandsfähig ist, so wird man dasselbe, sobald es sich um grössere Projektionsschirme handelt, auf Stoffunterlage aufkleben. Bei grossen Schirmen müssen zwei oder drei Papierbahnen aneinander gefügt werden. Ein Papiervorhang, [illegible] der oben und unten wie eine Landkarte mit zwei Rundstäben versehen ist, reicht für kleine Säle vollständig aus.

Man hat vorgeschlagen, den Vorhang [illegible] anzustreichen, um [illegible] müssen hiervon [illegible] werden nur die Gegensätze [illegible] dunkel. Erste Forderung [illegible] nicht liebt, braucht [illegible] Anstrich zu [illegible] Man hört [illegible] Bilder zu kalkig [illegible] der zarten Halbtöne [illegible] derartige Bilder [illegible] eine hellgelbe [illegible] Vorhang in seiner [illegible]

Für [illegible] hang nur [illegible] stehen [illegible] aufheben [illegible] Projektion [illegible]

Auf den Ersatz des weissen Vorhangs durch Rauch- und Dampfwolken, wie dies z. B. bei Geistererscheinungen im Theater angewendet wird, brauchen wir nicht näher einzugehen, da dergleichen Spielereien, wie die sonstigen Spezialitäten der Theaterprojektion für ernste Zwecke der Belehrung wertlos sind.

O. Zoth[1]) schlägt vor, den Projektionsschirm nach Art der Hohlspiegel konkav aus weiss gestrichenem Blech zu fertigen. Die Mitte des Bildes — bei Landschaften also in der Regel die Ferne — steht dann auf dem hohlen Schirm vom Zuschauer ein wenig weiter entfernt, als die Seiten. Die körperliche Wirkung soll hierdurch vermehrt werden. Abgesehen davon, dass letzteres unmöglich zutreffen kann, befinden sich nicht selten in der Mitte des Bildes Gegenstände, die im Vordergrunde stehen.

Damit es auch in der Projektion an wunderbaren Erfindungen nicht mangele, schlug man in England[2]) vor, das Bild statt auf einem weissen Schirm auf einer sich sehr schnell drehenden, langen, weissen Latte aufzufangen. Infolge von Andauer des Gesichtseindruckes macht die kreisende Latte den Eindruck einer runden weissen Fläche. Vielleicht weiss man die hohen Vorzüge einer solchen Projektionswand in England besser zu würdigen, als bei uns.

---

[1]) Laterna magica 1896, Nr. 48, S. 59.
[2]) Laterna magica 1889, Nr. 43, S. 34.

II. Teil.

Apparate für besondere Zwecke.

Nebelbildapparate.

Als die Projektionskunst noch beinahe ausschliesslich von herumreisenden „Salonprofessoren“ ausgeübt wurde, spielten die Nebelbildapparate eine wichtige Rolle. Das Geheimnisvolle der Vorführung wurde dadurch erhöht, dass sich das projizierte Bild im Nebel verlor und aus demselben Nebel dann das folgende Bild auftauchte. Man erreicht diese Wirkung durch zwei gleiche, neben- oder übereinander aufgestellte Apparate, welche ihren Lichtkreis auf dieselbe Stelle des Projektionsschirms werfen. Durch langsames Schliessen des einen und ebenso langsames Öffnen des anderen Objektivs mit Hilfe von Verschlüssen, die an den Seiten ausgezahnt sind, wird ein allmählicher Übergang des einen Bildes in das andere ermöglicht. Allerhand kindliche Unterhaltungen wurden mit Hilfe dieser Vorrichtung dem Publikum vorgesetzt, z. B.: Jakob und die Himmelsleiter; das erste Bild zeigt Jakob auf dem Felde schlafend; nun steckt man in die zweite Laterne ein Bild, welches die Himmelsleiter mit den Engeln darstellt, von denen Jakob träumt, und lässt die zweite Laterne langsam in Wirksamkeit treten; die Engel mit der Himmelsleiter kommen aus dem Nebel allmählich zum Vorschein; wenn Jakob ausgeschlafen hat, verschwindet das zweite Bild wieder und man sieht auf einem dritten, welches mittlerweile in die erste Laterne befördert ist, den müden Jüngling beim Erwachen. Es würde Raumverschwendung sein, wollten wir die verschiedenen Verschlüsse beschreiben, welche angegeben sind, um ein möglichst geisterhaftes Übergleiten des einen Bildes in das andere zu gewährleisten. Damit unter Anwendung von Kalk- oder Gaslicht nicht beide Laternen unnötig gleichzeitig brennen, wurden die kompliziertesten Hähne konstruiert, um die verschiedenen Gasarten rechtzeitig ein- und auszuschalten.[1])

Nicht genug mit zwei Laternen; für viele Knalleffekte dieser Art waren drei gleichartig gebaute und übereinander angeordnete Laternen notwendig. Für dergleichen dreistöckige Ungetüme wurde ein besonders schöner Name erfunden: Agioskop. Um unseren Lesern eine kleine Vorstellung von den Herrlichkeiten zu geben, welche das Agioskop vorzuzaubern vermag, diene folgende Beschreibung: „Das Haus in Brand.“ Zunächst sieht man das Haus

---

[1]) Näheres hierüber in Laterna magica 1898 und 1899, Nr. 56 und 57.

am Tage (I. Laterne), dann bei Nacht (II. Laterne); es bricht Feuer aus (in der III. Laterne befindet sich eine „bewegliche Feuerplatte“, welche gleichzeitig mit dem Bilde der II. Laterne auf den weissen Vorhang projiziert wird); die Feuerwehr rückt an (I. Laterne); Schluss: die verkohlten Überreste (II. Laterne). Zu der ganzen Schauerscene sind also fünf Bilder erforderlich. Man glaube aber nicht, dass es sich bei dem Anrücken der Feuerwehr um wirkliche Bewegungsbilder handelt, wie wir dieselben bei kinematographischen Darstellungen zu sehen gewohnt sind. Bei den zwei- und dreiteiligen Nebelbildapparaten ist jede einzelne Darstellung leblos (zumeist handelt es sich um gemalte Glasbilder), nur die „beweglichen Feuerplatten“ und die „beweglichen Wasserplatten“ besitzen Vorrichtungen, bei denen durch gegenseitiges Verschieben von zwei bemalten Glasplatten der Eindruck hervorgerufen wird, als ob Feuer lodert oder Wellen sich bewegen. Man liebte es auch, kreisende Räder (z. B. Mühlräder oder dergl.) vorzuführen; dann musste aber im Glasbilde ein drehbares Rad angebracht werden, welches während der Vorstellung in Umdrehung versetzt wird.

Eine beliebte Darstellung für die dreifache Laterne war auch das Auswandererschiff: das Schiff in vollem Sonnenlichte (I. Laterne); das Schiff bei Nacht (II. Laterne); es beginnt zu blitzen (in der III. Laterne befindet sich eine Platte mit gemalten Blitzen, welche gleichzeitig mit dem Bilde der II. Laterne projiziert werden; das Aufleuchten der Blitze wird dadurch bewerkstelligt, dass man die ausgespreizte Hand vor dem Objektiv der III. Laterne bewegt); das Schiff brennt (in der I. Laterne befindet sich eine „bewegliche Feuerplatte“, welche gleichzeitig mit dem Bilde der II. Laterne projiziert wird); Schlussbild: das Wrack des Schiffes.

Sind wir, im Hinblick auf die ausserordentliche Entwickelung der „lebenden“, mit Hilfe des Kinematographen dargestellten Bilder vielleicht zu spät auf die Welt gekommen, um auch diejenigen Herrlichkeiten schauen zu dürfen, welche das Agioskop darzubieten vermag? Keineswegs. Indem wir das neueste Preisverzeichnis der Firma Unger und Hoffmann (Dresden) durchblättern, finden wir einen dreifachen Projektionsapparat mit dem blutdürstigen Namen „Othello“ abgebildet, welcher die Kleinigkeit von 2250 Mk. kostet, also jedenfalls nicht als Weihnachtsgeschenk für unsere Kleinen gedacht ist. Wenn Fabrikanten derartige Apparate bauen, so rechnen sie auf Absatz; sie müssen daher dringenden Verdacht auf bevorstehende rückläufige Bewegung in der Entwickelung des Menschengeschlechts haben.

Da die dreifachen Laternen etwas kostspielig sind, so suchte man sich dadurch zu helfen, dass man an einem grossen, mit einer einzigen Lichtquelle ausgestatteten Kasten in bestimmter Winkelstellung drei Kondensoren mit drei Objektiven anbrachte. Die beiden seitlichen Objektive tragen vorn total reflektierende Prismen.[1]) Allgemeine Verbreitung fanden dergleichen Vorrichtungen nicht.

---

[1]) Laterna magica 1899, Nr. 57, S. 9; Nr. 58, S. 39.

Um bei Nebelbildern schauerliche Effekte zu ermöglichen (wofür man wieder einen besonderen Namen: „Phantasmagorien“ erfand), setzt man den Apparat auf ein mit Gummirädern versehenes Gestell. Mit Hilfe desselben wird der Apparat während der Projektion zurückgeschoben, so dass die Bilder auf der weissen Wand grösser werden und den Eindruck erwecken, als ob sie auf den Beschauer losstürzen, was z. B. bei Projektion naturwahr gemalter Teufel selbst bei grossen Kindern eine Gänsehaut erzeugen soll.

Projektion nach der Methode von Ives.

Die nach dem Verfahren von Ives hergestellten, farbigen Aufnahmen erfordern zu ihrer Projektion besondere Apparate, da die drei Teilbilder — jedes für sich — derart zu projizieren sind, dass dieselben auf dem weissen Schirm sich genau decken. Dies kann mit Hilfe des im vorigen Abschnitte beschriebenen, dreiteiligen Projektionsapparates geschehen. Wegen des hohen Preises desselben und der umständlichen Handhabung konstruierte Ives einen besonderen Apparat, bei dem die Dreiteilung des von einer einzigen Lichtquelle ausgestrahlten Lichtes in vollkommener Weise durchgeführt ist.[1)]

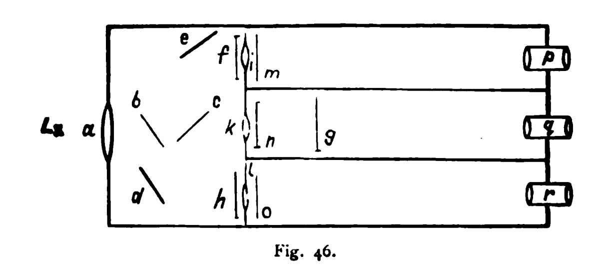


Fig. 46.

a (Fig. 46) ist eine Sammellinse, welche nahe an die Lichtquelle der Projektionslaterne gebracht wird, nachdem deren Vorbau mit Objektiv und Kondensor abgenommen ist. Durch die Linse *a* werden die Strahlen parallel gemacht und gelangen so auf *b*. *b* und *c* sind mehrfache Lagen von sehr dünnem, farblosem Glase. Man wählte die mehrfache Glasschicht an Stelle einer einfachen Scheibe, weil erstere mehr Licht reflektiert, *d* und *e* sind versilberte Spiegelscheiben, *f* eine blaue, *g* eine grüne, *h* eine rote Glasscheibe, *i*, *k*, *l* Sammellinsen, *m*, *n*, *o* die zu projizierenden Diapositive, *p*, *q*, *r* drei völlig gleichartige Projektionsobjektive. Letztere sind nicht starr miteinander verbunden, sondern sie lassen sich derart bewegen, dass die von ihnen auf den weissen Schirm projizierten Bilder sich entweder genau decken oder nebeneinander liegen. Die Lichtstrahlen, welche das Diapositiv *n* zu beleuchten haben, passieren die durchsichtigen Scheiben *b* und *c*. Ein Teil der Strahlen wird auf der Oberfläche von *b* reflektiert, gelangt zum Silberspiegel *d* und von diesem durch die rote Scheibe *h* und durch die Linse *l* zum Diapositiv *o*. Ein anderer Teil der Strahlen wird auf der Oberfläche von *c* reflektiert, gelangt zum Silberspiegel *e* und von diesem

---

1) Photogr. Rundschau 1898, Heft 11, S. 348.

durch die blaue Scheibe *f* und durch die Linse *i* zum Diapositiv *m*. Die Spiegel *e* und *d* folgen den Bewegungen der Objektivträger derart, dass die Strahlen stets auf die Objektive centriert bleiben.

Da durch Dreiteilung des Lichtes, die wiederholten Reflexionen und die farbigen Scheiben viel Licht verschluckt wird, so sind nur elektrische Bogenlampen mit hoher Ampèrezahl (20 bis 25) für Projektionen dieser Art verwendbar. In ungefähr 1 qm Grösse ist dann das Bild auf dem weissen Schirm sehr leuchtend.

In ausgezeichnetster Weise kann man mit Apparaten dieser Art das Entstehen der Mischfarben studieren. Zu diesem Zwecke nimmt man die Diapositive heraus und projiziert die farbigen Gläser auf dem weissen Schirm nebeneinander; dann verschiebt man die Objektive allmählich derart, dass sich die farbigen Felder decken. Besonders interessant ist es zu beobachten, wie aus Mischung von Rot und Grün Gelb entsteht und aus Mischung von Rot, Grün und Blau reines Weiss. Schwarz wird lediglich durch den dunklen Silberniederschlag der Diapositive geliefert.

Der Preis des von der Deutschen Kromoskopgesellschaft Robert Krayn u. Co. (Berlin, Gr. Friedrichstr. 131 d) gefertigten Apparates beträgt 300 Mk.

Projektion farbiger, nach Jolys Verfahren gefertigter Bilder.

Die Herstellung der Jolyschen farbigen Bilder[1]) geschieht bekanntlich derart, dass man eine Glasplatte mit einem System feiner, paralleler Linien (rot, grün, blau) überzieht, diese Platte bei der Aufnahme unmittelbar vor der lichtempfindlichen, orthochromatischen Platte anbringt, nach dem so gewonnenen Negativ ein Diapositiv fertigt und letzteres an Stelle des Deckglases mit einer Farbenstrichplatte bedeckt, ähnlich derjenigen, wie dieselbe zur Aufnahme benutzt wurde. Da jede Deckglasstrichplatte 15 Mk. kostet, so verursacht es ausserordentliche Ausgaben, will man eine grössere Anzahl derartiger Bilder projizieren. Dieselbe Strichplatte der Reihe nach auf die verschiedenen Diapositive zu legen und sie dann in den Schieberahmen einzustecken, ist nicht ausführbar, weil die Platte genau auf das Diapositiv aufzupassen und dann mit demselben fest zu verkleben ist. Verschiebt sie sich auch nur um den kleinen Bruchteil eines Millimeters, so erhält man falsche Farben.

Um nun doch eine grössere Anzahl Aufnahmen projizieren zu können, ohne die gleiche Anzahl Deckglasstrichplatten zu besitzen, konstruierte Verfasser vor einigen Jahren einen Rahmen, in welchem die Deckglasstrichplatte fest eingebaut ist. Das zu projizierende Diapositiv wird auf letztere Platte gelegt und mit Hilfe von zwei im Winkel von 90° gegeneinander wirkenden

[1]) Photogr. Rundschau 1896, Heft 4, S. 126; Heft 5, S. 155.

Schrauben so lange verschoben, bis die Deckung der Striche richtig ist, d. h. bis die richtigen Farben im Bilde erscheinen. Hat man zwei Rahmen zur Verfügung, so richtet man das Bild in dem einen, während der andere sich im Projektionsapparate befindet; man kann also in ununterbrochener Reihe eine unbegrenzte Anzahl farbiger Bilder mit nur zwei Deckglasstrichplatten vorführen.

Prächtige Farbenspiele lassen sich zur Anschauung bringen, wenn man eine Diapositivplatte unter der Aufnahmestrichplatte kopiert und nun die so erhaltene schwarz-weisse Strichplatte in dem Rahmen mit Hilfe der Schrauben vor der farbigen Deckglasstrichplatte hin- und herbewegt.

Die Firma Dr. A. Hesekiel u. Co. in Berlin (Leipzigerstr. 105) bringt Rahmen dieser Art in den Handel.

Projektion farbiger, nach Woods Verfahren gefertigter Bilder.

Zum Verständnis der Projektionsmethode der Woodschen farbigen Bilder zunächst einige Worte über Herstellung derselben:[1]) Wood fertigt von dem aufzunehmenden Gegenstande drei Negative mit Hilfe eines roten, grünen und blauen Lichtfilters. Nach den so gewonnenen Negativen stellt er Diapositive her, die nunmehr zum Kopieren benutzt werden. Das Kopieren geschieht auf Platten, die mit Kaliumbichromatgelatine überzogen sind. Zwischen Diapositiv und Kaliumbichromatgelatineplatte wird beim Kopieren eine Platte eingeschaltet, die mit einem System sehr eng aneinander liegender Linien (Beugungsgitter) überzogen ist. Das Beugungsgitter kopiert also gleichzeitig mit dem Diapositiv.

Beim Kopieren der drei verschiedenen Diapositive wird nicht dasselbe Beugungsgitter angewendet; beim Kopieren des Rotdiapositivs (d. h. desjenigen, wo das Negativ mit Hilfe des Rotfilters gewonnen wurde) ein solches, welches auf den Centimeter etwa 1000 Linien enthält, für das Gründiapositiv ein solches mit 1250 Linien und für das Blaudiapositiv ein solches mit 1500 Linien. Da im Rotdiapositiv nur diejenigen Stellen, welche im Original rot waren, durchsichtig sind, so kopiert das Beugungsgitter nur an diesen Stellen mit. Ein Gleiches findet beim Grün- und Blaudiapositiv statt.

Betrachtet man ein auf diesem Wege hergestelltes Bild in der Durchsicht, so erscheint die Platte beinahe völlig durchsichtig; nur ganz schwache Andeutungen des Bildes sind wahrnehmbar. Die Farben treten aber sofort aufs glänzendste hervor, wenn man die Betrachtung in dem eigens hierfür konstruierten Apparate vornimmt. Letzterer besteht aus einer Sammellinse von 25 cm Brennweite und einem kleinen, mit 1,5 mm breitem und 5 mm hohem Spalte versehenen Holzbrett, welches genau im Brennpunkte der

[1]) Photogr. Rundschau 1901, Heft 1, S. 17.

Sammellinse aufgestellt ist. Man richtet diesen Apparat gegen eine schmale, in etwa 3 m Entfernung befindliche Lichtquelle (z. B. Auersches Glühlicht, vor dem man eine Blechplatte mit 5 mm breitem und 5 cm hohem Spalte anbringt), befestigt das Farbenbild unmittelbar vor der Sammellinse und schaut nun durch den feinen, in dem Holzbrettchen befindlichen Spalt nach der Lichtquelle. Durch geringfügiges Drehen des Apparates lässt sich leicht diejenige Stellung ermitteln, in der die Farben richtig erscheinen.

Das wunderbare Farbenspiel kommt folgendermaassen zu stande: Das für die Rotkopie verwendete Beugungsgitter von 1000 Linien zerlegt das weisse Licht in die Grundfarben und entwirft dort ein Spektrum, wo sich das Auge des Beobachters befindet. Das für die Grünkopie verwendete Gitter von 1250 Linien entwirft an derselben Stelle ebenfalls ein Spektrum; dasselbe ist jedoch wegen der grösseren Linienzahl etwas mehr abgelenkt, so dass Rot des ersten Spektrums mit Grün des zweiten zusammenfällt. Endlich entwirft auch das für die Blaukopie verwendete Gitter von 1500 Linien ein Spektrum;

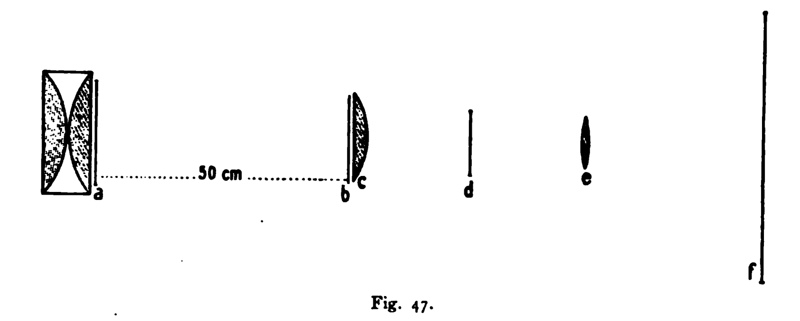


Fig. 47.

letzteres ist aber wegen der noch grösseren Linienzahl noch mehr abgelenkt, so dass Blau dieses Spektrums mit dem Rot des ersten und dem Grün des zweiten zusammenfällt. Man hat schliesslich also dasselbe, als ob die drei Originalplatten in den drei Farben Rot, Grün und Blau übereinander gedruckt wären.

Bei Projektion Woodscher Bilder ist die Anordnung folgendermaassen zu treffen (Fig. 47): Unmittelbar am Kondensor befindet sich eine geschwärzte Blechplatte *a*, in deren Mitte ein 10 cm hoher und 5 mm breiter Spalt angebracht ist. Etwa 50 cm von diesem Spalt entfernt wird das Woodsche Bild *b* vor einer Sammellinse *c* von 8 bis 10 cm Durchmesser und 15 cm Brennweite aufgestellt. Die Linse *c* entwirft ein Bild des Spaltes *a* auf dem Schirm *d*, der in seiner Mitte einen Spalt von 6 cm Höhe und 2 bis 3 mm Breite besitzt. *e* ist ein Objektiv von 40 bis 50 cm Brennweite. Recht brauchbar ist hierfür die Vorderlinse eines Porträtobjektivs von etwa 10 cm Durchmesser. Der grosse Linsendurchmesser ist notwendig, um den ganzen von *c* kommenden Strahlenkegel aufnehmen zu können; anderenfalls würde man ein lichtschwaches Projektionsbild erhalten.

Da bei dieser Projektionsmethode das Licht zwei schmale Spaltöffnungen zu passieren hat und durch die zweite *d* nur ein kleiner Teil desjenigen Lichtes

hindurchgeht, welches von *c* kommt, so sind die Lichtverluste ausserordentlich gross. Genügende Helligkeit erzielt man daher nur mit stärkster Lichtquelle, einer Bogenlampe von ungefähr 25 Ampère. Die Lichtquelle ist so aufzustellen, dass die Strahlen annähernd parallel aus dem Kondensor austreten. Wesentlich für gleichmässige Helligkeit des Bildfeldes ist, dass *b* und *c* nicht zu nahe an *a* herangerückt werden. *d* muss nach vorn und hinten, nach rechts und links verstellbar sein. Ausser dem farblosen, scharfen Bilde des Spaltes *a* zeigen sich rechts und links davon auf dem Schirm *d* mehrere Gruppen von Beugungsspektren. Der Regel nach hat man *d* so weit nach rechts oder links zu verschieben, dass die erste Gruppe von Beugungsspektren — und zwar diejenige Zone, wo Rot, Grün und Blau übereinander gelagert ist — auf den Spalt fällt. Bei einzelnen Aufnahmen erhält man bessere Farben, wenn man nicht die erste, sondern die zweite Gruppe von Beugungsspektren (d. h. die Spektren zweiter Ordnung) zur Bilderzeugung benutzt.

Sobald der richtige Abschnitt der Beugungsspektren mit dem Spalt *d* zusammenfällt, erscheint auf dem weissen Schirm das Bild in den richtigen Farben. Schon bei geringfügigster Verschiebung des Spaltes ändern sich die Farben.

Zweckmässig ist es, beide Spalte (*a* und *d*) in ihrer Breite verstellbar anzufertigen. Verbreitert man den Spalt *d*, so wird in Bezug auf Helligkeit des Bildes nicht viel gewonnen, die Farben werden nur unreiner, weil bei jedem Teilspektrum die benachbarten Strahlengebiete mit zur Wirksamkeit gelangen.

Verbreitert man den Spalt *a*, so tritt wesentlicher Zuwachs an Helligkeit ein. Gleichzeitig werden die Farben aus dem angeführten Grunde ebenfalls unreiner. Es ist nicht zweckmässig, den Spalt *a* zu schmal zu wählen; denn abgesehen von der Lichtschwäche des Bildes sind die Farben bei sehr schmalem Spalt unnatürlich und erinnern an reine Spektralfarben. Gewisse Breite des Spaltes *a* und *d* ist notwendig, um den Farben den Charakter der Mischfarben zu verleihen. Verbreitert man den Spalt *a* bis 8 mm, so sind die Farben noch brauchbar.

Die dem Kondensor zugewendete Seite des Schirms *d* muss weiss sein, damit man die Lage der verschiedenen Gruppen von Beugungsspektren gut erkennen kann.

Um die günstigste Stellung der Lichtquelle zu ermitteln, stellt man den Schirm *d* zuerst so ein, dass das farblose Bild des Spaltes *a* genau mit dem Spalt auf dem Schirm *d* zusammenfällt. Man erblickt dann auf der weissen Wand *f* ein farbloses Bild der Woodschen Aufnahme, bei dem die Umrisse der dargestellten Gegenstände schwach angedeutet sind. Man verschiebt nun die Lichtquelle so lange, bis dies farblose Bild gleichmässig hell und möglichst hell ist. Erst nachdem dies erreicht, wird *d* seitwärts verschoben, bis die richtigen Farben erscheinen.

Da die bis jetzt von Wood hergestellten Bilder klein sind (etwa 5 cm grösste Seitenlänge), so kann man unbedenklich als Projektionsobjektiv eine gute, achromatisierte Einzellinse benutzen. Wenn dieselbe auch nicht ein so

haarscharfes Bild liefert, wie ein Doppelobjektiv, so sind doch die durch Reflexion und Absorption bedingten Lichtverluste bei der Einzellinse am geringsten. Ausserdem würden Doppelobjektive mit der notwendigen grossen Brennweite und hinreichend grossem Linsendurchmesser sehr teuer sein.

Bei Aufstellung des weissen Schirms *f* ist zu berücksichtigen, dass man selbst bei hellster Lichtquelle über 1 qm Bildgrösse nicht hinausgehen darf. Man wähle für den Schirm ein besonders gut reflektierendes Material oder projiziere für die Durchsicht auf eine Mattscheibe (Näheres hierüber in dem Abschnitte über den weissen Schirm, S. 75).

Der für die Projektion Woodscher Bilder notwendige Vorbau (*a* bis *e*) vor dem Kondensor, der aber keineswegs aus einem festen Metallrohr zu bestehen braucht, hat ungefähr die Länge von 1 m. Am besten montiert man die verschiedenen Gegenstände auf einer optischen Bank.

Im Jahre 1899 konstruierte die Firma Zeiss eine denselben Zwecken dienende Vorrichtung, welche von der oben beschriebenen in einigen Punkten abweicht. An Stelle der einfachen Linse *e* (Fig. 47) setzt Zeiss ein astronomisches Fernrohr (Objektiv 100 mm; Okular 35 mm), dessen Objektiv mit Vorderblende (Schlitz oder Iris) versehen ist. Dies Fernrohr ist senkrecht zur Achse der Linse *c* verschiebbar und um eine senkrechte Achse drehbar, so dass es in die Richtung des Hauptstrahls gestellt werden kann. Die Blende am Fernrohrobjektiv bleibt dabei in der Ebene, in welcher die Abbildung des Spaltes *a* erfolgt. Auf diese Weise kann man sich durch direkte Okularbeobachtung von der Farbenwirkung überzeugen. Man stellt dann durch die Triebbewegung am Fernrohr das Bild für den Projektionsschirm scharf ein. An Stelle der Linse *c*, welche den Spalt *a* auf *d* abbildet, benutzt Zeiss ein symmetrisches Objektiv (Aplanat oder Satzanastigmat), in dessen Blendenebene die Bilder wie Schieberblenden eingeführt werden.

Projektion undurchsichtiger Gegenstände.

Schon in früher Zeit wurden Versuche unternommen, undurchsichtige Gegenstände, z. B. Bilder auf Papier u. s. w., zu projizieren. Da es bei der Ungunst der Verhältnisse überaus schwierig ist, hierbei genügende Helligkeit auf der weissen Wand zu erzielen, so erfand man wenigstens schöne Namen (z. B. Megaskop, Anxanoskop, Wunderkamera) für Instrumente, welche Derartiges ermöglichen sollen, aber nicht ermöglichen.

Den Übergang von der Projektion durchsichtiger zu derjenigen undurchsichtiger Gegenstände bildet die Projektion der nach Lippmanns Verfahren gefertigten, farbigen Aufnahmen. Bei denselben besteht die Bildschicht aus einer Reihe feiner Silberschichten,[1] welche die Lichtstrahlen reflektieren.

[1] Dr. R. Neuhauss, Die Farbenphotographie nach Lippmanns Verfahren. Halle a. S. 1898. Preis 3 Mk.

Man würde daher bei Projektion dieser undurchsichtigen Bilder ein annähernd ebenso helles Bild auf dem weissen Schirm erhalten, wie bei Projektion von Diapositiven, wenn nicht viel Licht dadurch verloren ginge, dass sich innerhalb des Bildes ein Teil der Strahlen durch Interferenz gegenseitig auslöscht.

Immerhin lässt sich bei Projektion Lippmannscher Bilder eine Helligkeit erzielen, welche auch für grössere Säle ausreicht. Die Anwendung des Apparates ist aus Fig. 48 (wagerechter Schnitt) ersichtlich: *o* ist das mit prismatischem Deckglase bedeckte, farbige Bild; dasselbe befindet sich auf einem mit Kugelgelenk *b* versehenen Halter. Die Lichtquelle *l* muss so nahe an die Kondensoren herangeschoben werden, dass der Lichtkreis das Bild vollständig bedeckt. Wäre der Lichtkreis kleiner als das Bild, so würden die Randzonen dunkel bleiben, wäre er grösser, so würde ein Teil des Lichtes unbenutzt verloren gehen. *a* ist die mit abgekochtem Wasser gefüllte Absorptionsküvette; dieselbe ist unerlässlich notwendig, weil sonst durch die Hitze der das Bild mit dem Glaskeil verbindende Kanadabalsam schmelzen würde. Mit Hilfe des Kugelgelenks *b* richtet man das Bild, welches auf dem Bildhalter mit Hilfe einer kleinen Nase festgehalten wird, derart, dass die Strahlen nach dem Objektiv *cd* fallen. Will man kontrollieren, ob die Richtung der Strahlen richtig ist, so geschieht dies am besten dadurch, dass man das Objektiv von dem Anschraubering losschraubt und unmittelbar auf letzteren eine kleine Mattscheibe legt; man muss dann ein ganz unscharfes, farbiges Bild auf der Mitte dieser Mattscheibe haben. Genannte Kontrolle kann auch in folgender Weise geschehen: nach Abschrauben des Objektivs *cd* dreht man das Bild mit Hilfe des Kugelgelenks *b* so lange, bis auf dem weissen Schirm ein annähernd runder, je nach Art der Lichtquelle unregelmässig gestalteter, weisser Lichtkreis erscheint. Dieser Lichtkreis entsteht durch den Reflex der Strahlen an der Vorderfläche des prismatischen Deckglases. Nunmehr hat man das Bild noch etwas weiter zu drehen, bis an Stelle des weissen ein unregelmässig gestalteter, farbiger Lichtkreis erscheint. Schraubt man nun das Objektiv an, so hat man (nach scharfer Einstellung mit Hilfe von Zahn und Trieb) das farbige Bild auf dem weissen Schirm.

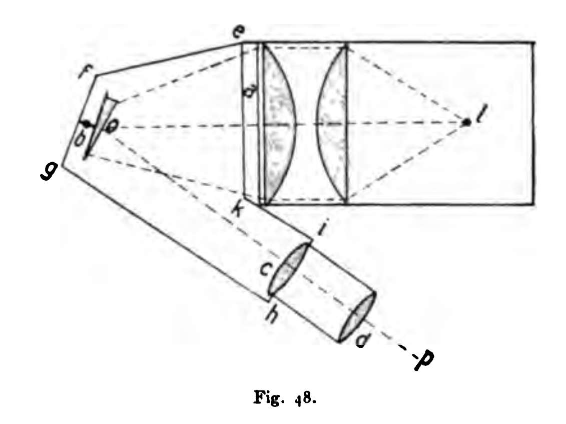


Fig. 48.

Wer im Projizieren dieser Bilder Neuling ist, verfahre unter allen Umständen in beschriebener Weise; wer sich dagegen bereits die nötige Übung aneignete, wird auch ohne Abschrauben des Objektivs durch Drehen des Bildhalters leicht diejenige Stellung des Bildes ermitteln, bei der die Helligkeit auf dem weissen Schirm am besten ist.

Damit das Drehen glatt von statten geht, darf die Schraube des Kugelgelenks nicht zu stark angezogen sein; bei grosser Lockerheit derselben

besteht jedoch die Gefahr, dass der Bildhalter nicht in der einmal angenommenen Stellung verbleibt.

Als Objektive sind nur solche von grossem Linsendurchmesser und langer Brennweite brauchbar; recht Gutes leisten Porträtobjektive: sogenannte Drei- oder Vierzöller. Am zweckmässigsten ist es hier, das hintere Linsenpaar *c* (Fig. 48) abzuschrauben und nur mit der Vorderlinse *d* zu projizieren, genau wie bei Projektion Woodscher Bilder (s. S. 86).

Von Wichtigkeit ist, dass der Winkel *lop* möglichst spitz ist. Je mehr sich derselbe einem rechten nähert, um so schwieriger wird es, das ganze Bild gleichzeitig scharf einzustellen, weil die eine Seite des Bildes dem Objektiv näher steht, als die andere. Hier liegen die Verhältnisse um so günstiger, je grösser die Brennweite des Objektivs ist. Je kürzer der Abstand des Objektivs vom Bilde, um so schwieriger wird es, die ganze Breite des Bildes gleichmässig scharf einzustellen.

Es ist zweckmässig, den ganzen Vorbau *efghik* aus starkem Metallblech derart herzustellen, dass sich derselbe am Projektionsapparat leicht anbringen und ebenso leicht wieder entfernen lässt, damit man ohne erheblichen Aufenthalt von der Projektion durchsichtiger Glasbilder zu derjenigen Lippmannscher Farbenbilder übergehen kann. Der Vorbau muss innen sorgfältig geschwärzt und oben mit einer Klappe versehen sein, damit man unbehindert mit der Hand zum Bildhalter gelangen kann.[1])

Wegen der starken Lichtverluste projiziere man das Bild nicht grösser als 1 qm und benutze als weissen Schirm ein möglichst gut reflektierendes Material.

Mit der Anordnung, wie sie in Fig. 48 dargestellt ist, lassen sich nur Lippmannsche Bilder projizieren, bei denen der Glaskeil in bestimmter Stellung aufgekittet ist, so nämlich, dass, wenn man das Bild in richtiger Lage betrachtet, sich der Rücken der Glaskeils zur Linken des Beschauers befindet. Prof. Lippmann hat zuerst seine Aufnahmen in dieser Weise montiert und Verfasser verfuhr dann ebenso, damit Einheitlichkeit bei den Bildern verschiedenen Ursprungs gewahrt bleibt. Würde sich der Rücken des Glaskeils zur Rechten des Beschauers befinden, so müsste der an den Projektionsapparat anzubringende Vorbau *efghik* (Fig. 48) so eingerichtet sein, dass sich das Objektiv *cd* an der anderen Seite dieses Vorbaus befindet.

Bei Landschaften kittet Prof. Lippmann den Glaskeil neuerdings so auf, dass sich der Rücken desselben am oberen Rande des Bildes befindet. Zum Zwecke der Projektion derartig montierter Bilder muss dann der Vorbau *efghik* so an den Projektionsapparat angesetzt werden, dass das Objektiv nicht seitwärts vom Kondensor, sondern über demselben steht.

Will man von der Projektion von Diapositiven zu derjenigen Lippmannscher Bilder übergehen, so muss, bei unveränderter Stellung der weissen Wand, der Apparat so weit gedreht werden, bis das Objektiv *cd* (Fig. 48) wieder nach

---

[1]) Grosse Erfahrung im Anfertigen von Blechgehäusen dieser Art hat der Universitätsmechaniker Oehmke in Berlin, Dorotheenstr. 35.

dem weissen Schirm hin gerichtet ist. Bei frei auf einem Tisch stehenden Apparaten ist dies ohne weiteres ausführbar, feststehende Apparate müssen dagegen auf eine Drehscheibe gesetzt werden.[1]) Um das Drehen des Apparates überflüssig zu machen, nahm Verfasser einen Spiegel zu Hilfe, welcher dort aufgestellt wird (*S* Fig. 49), wo sich in Fig. 48 das Bild *o* befindet; letzteres findet dann seinen Platz neben dem Kondensor, und die Achse des Objektivs bleibt parallel der Achse des Projektionsapparates (Fig. 49; wagerechter Schnitt). Aus dieser Anordnung ergeben sich jedoch zahlreiche Übelstände: der Weg vom Kondensor bis zum Bilde wird erheblich verlängert und eine gleichmässige Beleuchtung des Bildes erschwert. Man könnte diesen Übelstand dadurch herabmindern, dass man den Spiegel *S* näher an den Kondensor heranbringt; dann fallen jedoch die Strahlen zu schräg auf das Bild und der Winkel *Sop* wird zu gross. Will man wiederum diesen Winkel dadurch verkleinern, dass man das Bild mit dem Kugelgelenkbildträger weniger seitlich

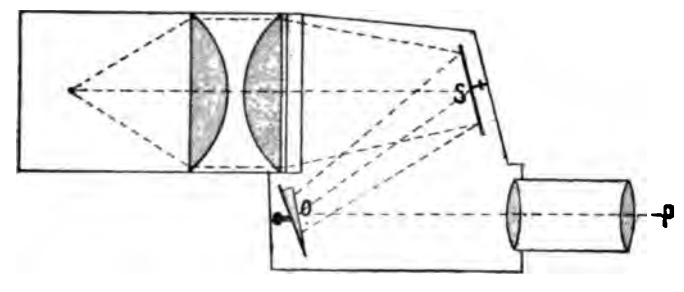


Fig. 49.

vom Kondensor, also derart anbringt, dass der Rand des Bildträgers vor dem Kondensor zu stehen kommt, so gelangen Lichtstrahlen direkt vom Kondensor in das Objektiv und stören die Projektion. Ausserdem gehen durch die Einschaltung des Spiegels mindestens 10 Prozent Licht verloren. In Anbetracht dieser Übelstände wenden wir bei Projektion von Lippmannbildern lediglich die in Fig. 48 dargestellte Anordnung an. Als Lichtquelle ist nur elektrisches Bogenlicht oder Kalklicht brauchbar.

Zur Projektion anderer, undurchsichtiger Gegenstände kann man die in Fig. 48 und 49 dargestellten Apparate ebenfalls benutzen; da hier jedoch keine eigentliche Spiegelung des auffallenden Lichtes, sondern nur ein nach allen Seiten hin stattfindendes Zurückwerfen desselben eintritt, so ist die Grösse des Winkels *lop* (Fig. 48) von geringerer Bedeutung. Um einigermaasen brauchbare Helligkeit zu erzielen, sind nur die lichtstärksten Objektive verwendbar. Hier zum erstenmale in der Projektion spielt die „Lichtstärke“ des Objektivs (d. h. das Verhältnis der Öffnung zur Brennweite) eine ausschlaggebende Rolle, denn die Verhältnisse liegen genau so, wie bei der gewöhnlichen photographischen Aufnahme.

[1]) Auf einer Drehscheibe ist z. B. der grosse, häufig zu Lippmannprojektionen benutzte Projektionsapparat montiert, welcher sich im Hörsaale des Museums für Völkerkunde zu Berlin befindet.

Von den Lichtquellen kommt nur elektrisches Bogenlicht mit hoher Ampèrezahl (30 bis 50) in Frage; sonst bleibt die Helligkeit kläglich. Früher baute man zur Erhöhung der Helligkeit Apparate, bei denen zur Erzielung grösstmöglicher Lichtstärke zwei Laternen von zwei verschiedenen Seiten ihr Licht auf denselben undurchsichtigen Gegenstand senden.[1])

Fig. 50

Wunderkameras wurden schon im Anfange des 19. Jahrhunderts von Charles konstruiert und dienten ursprünglich nur zum Nachzeichnen. In Fig. 50 ist eine Vorrichtung dieser Art abgebildet: Die auf den Schirm *e* mit Hilfe des Objektivs *t* projizierte Statue *a* wird durch direktes Sonnenlicht, welches auf den drehbaren Spiegel *m* fällt, hell erleuchtet.

Vielfach verwendet wurde früher zur Projektion undurchsichtiger Gegenstände die Anordnung, welche in Fig. 51 dargestellt ist: Das durch den Kondensor parallel gemachte Licht wird von den Spiegeln *a* und *b* nach den Spiegeln *c* und *d*, von diesen nach den Spiegeln *e* und *f* und dann schliesslich auf das undurchsichtige Objekt *O* geworfen. *P* ist das Projektionsobjektiv. Die Spiegel lassen sich auch durch total reflektierende Prismen ersetzen. Eine Anordnung dieser Art ist jedoch an sich unpraktisch, weil zu viel Licht durch die häufigen Spiegelungen verloren geht. Die einfachste Vorrichtung, die keine oder möglichst wenige Spiegel oder Prismen erfordert, bleibt die beste.

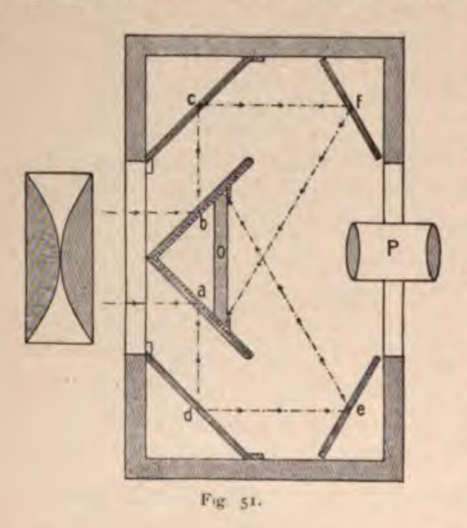


Fig. 51.

Um auch Gegenstände projizieren zu können, die in wagerechter Lage verbleiben müssen (z. B. anatomische Präparate), baut man derartige Apparate nach dem in Fig. 52 dargestellten Schema. *L* ist die Lichtquelle, *S* das hintere Linsenpaar des Kondensors, *A* die Kühlkammer. Der zu projizierende Gegenstand liegt auf dem Tisch *T* und wird durch die auf den Spiegel *B* auffallenden Lichtstrahlen hell erleuchtet. *P* ist das Projektionsobjektiv. Die Strahlen, welche letzteres passiert haben, werden von dem oben angebrachten Spiegel nach dem weissen Schirm geworfen. Klappt man den Spiegel *B* herunter, so gelangen die Strahlen durch die vordere Kondensorlinse *U* zum Diapositiv *D*

[1]) Laterna magica 1882, Nr. 16, S. 42; 1888, Nr. 37, S. 3; Stein, Die optische Projektionskunst, Halle a. S. 1887, S. 53.

und können nun mit Hilfe des Objektivs *E* in gewohnter Weise projiziert werden. Apparate dieser Art werden z. B. von C. Zeiss (Jena), E. Leitz (Wetzlar) und

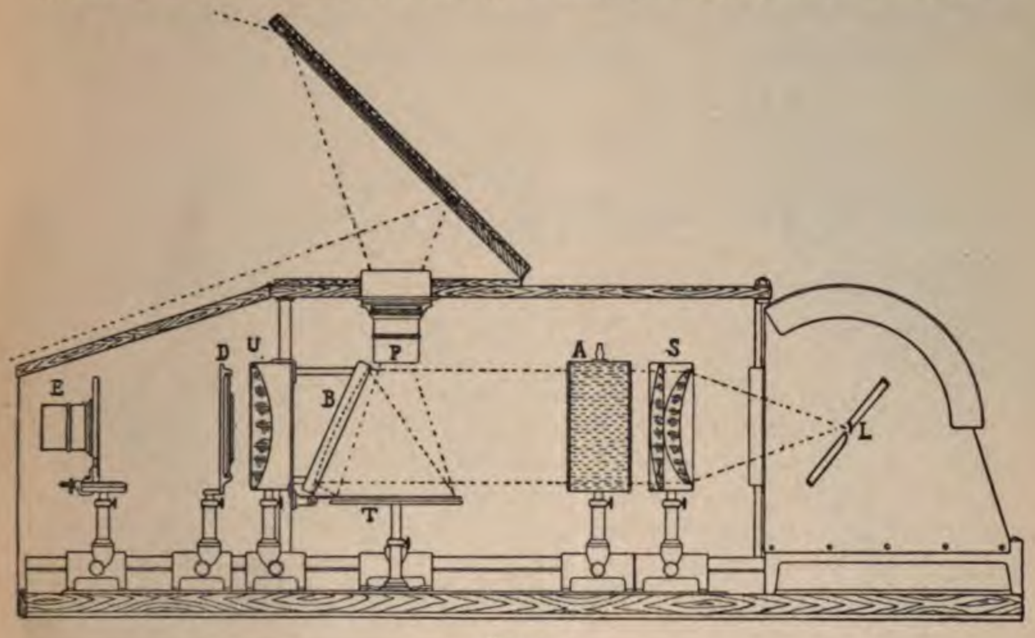


Fig. 52.

Liesegang (Düsseldorf) in den Handel gebracht. Der von Liesegang konstruierte Apparat ist in Fig. 53 abgebildet.

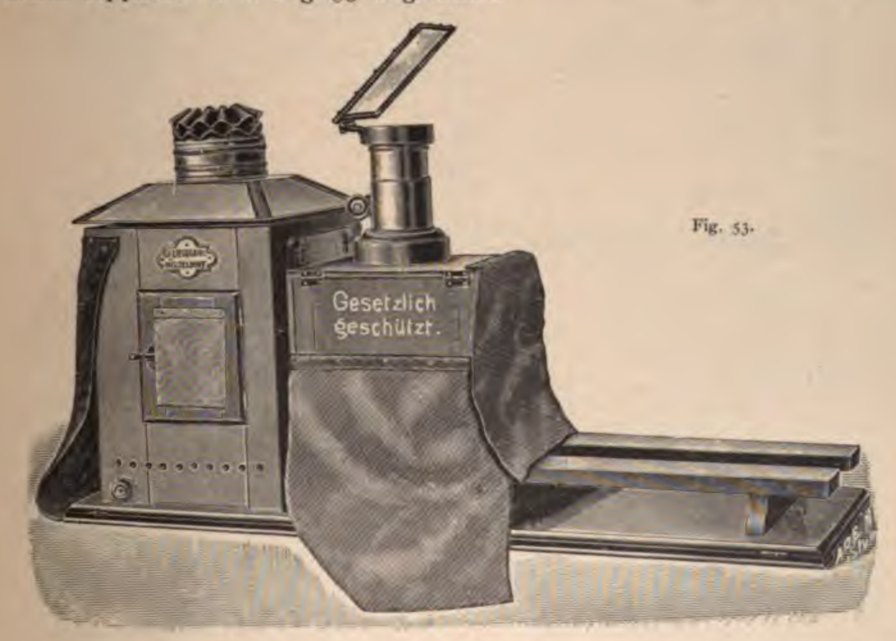


Fig. 53.

Das vollkommenste Instrument zur Projektion undurchsichtiger Gegenstände ist das in Fig. 54 dargestellte Epidiaskop von Zeiss, welches ebenfalls

nach dem in Fig. 52 veranschaulichten Typus gebaut ist. Durch einen Scheinwerfer ist hier die Möglichkeit gegeben, auch Präparate bis zu 22 cm Durchmesser gleichmässig zu beleuchten. Das von kräftigster Bogenlampe erzeugte Licht

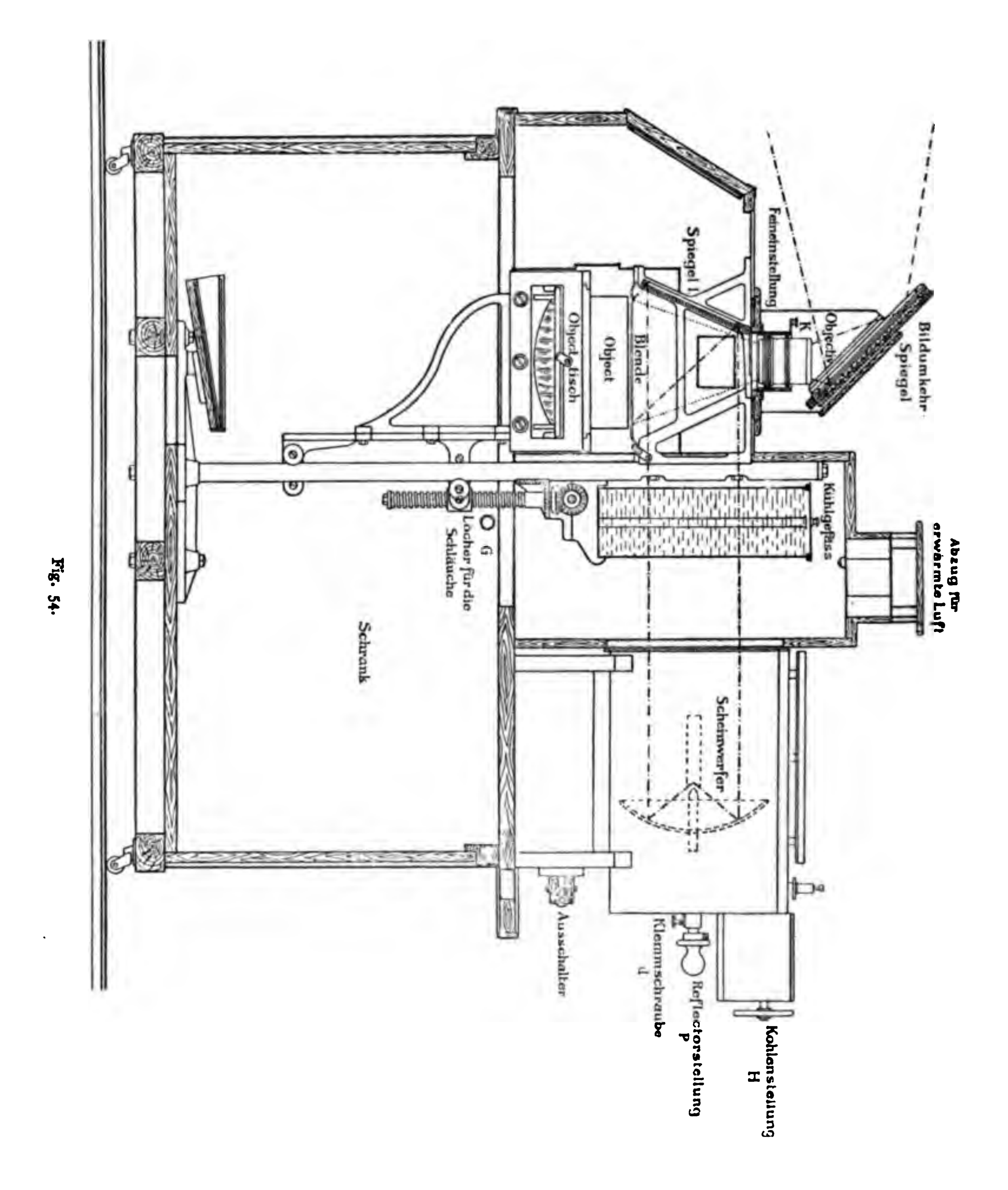


Fig. 54.

tritt parallel aus dem Scheinwerfer aus und passiert das Kühlgefäss; dann werden die Strahlen von dem Spiegel I auf das Objekt geworfen und mittels des Objektivs und des Bildumkehrspiegels auf den weissen Schirm befördert. Unter dem Objekttisch ist eine plankonvexe Linse sichtbar; dieselbe tritt

dann in Wirksamkeit, wenn es sich um Projektion eines durchsichtigen Objektes, z. B. eines Diapositivs, handelt. In diesem Falle werden die Strahlen so geleitet, dass sie nach Fortnahme von Spiegel I mit Hilfe des am Boden des Epidiaskops sichtbaren Spiegels durch die erwähnte plankonvexe Linse hindurchgehen.

Panoramaprojektion.

Bei der von Chase 1894 eingeführten Panoramaprojektion[1]) handelt es sich um Darstellung von Rundgemälden, ähnlich denjenigen, wie wir dieselben bei Schlachtenpanoramen und dergleichen zu sehen gewohnt sind. Hierzu ist eine Batterie von 8 bis 10 Apparaten notwendig, die in einem wie ein Kronenleuchter von der Decke hängenden Behälter oder auf einem erhöhten Standpunkte in der Mitte des Saales angeordnet sind. Damit sich die Projektionsbilder an der Wand genau aneinander schliessen, ist sorgfältige Regulierung der einzelnen Apparate erforderlich. Am besten bewährt sich folgendes Verfahren: Jedes Laternenbild weist an seinen Rändern in Breite von 2 bis 3 mm ein mit dem benachbarten Bilde gemeinsames Stück der Landschaft auf. Die Apparate werden so gerichtet, dass auf dem Schirm die ihnen gemeinschaftlichen Bildteile sich decken. Damit nun diese Teile, welche aus zwei Laternen ihr Licht empfangen, nicht heller sind, als die übrigen Abschnitte des Gemäldes, wird in den Laternen durch bewegliche Schirme das Licht der Randzone abgeschwächt.

Auch kinematographische Panoramadarstellungen sind ausführbar.

Stereoskopische Projektion.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass jedes gute, gegensatzreiche, mit hellem Lichte projizierte Bild auf dem weissen Schirm in gewissem Grade körperlich wirkt, besonders wenn Linien aus dem Vordergrunde in die Ferne verlaufen und sich im Vordergrunde kräftig beleuchtete Gegenstände befinden. Ungewöhnlich schön lässt sich diese Wirkung mitunter an Strauchwerk und Felsen beobachten. Flaue Bilder machen niemals körperlichen Eindruck.

Über den Vorschlag von Zoth zur Erhöhung der körperlichen Wirkung des projizierten Bildes (konkaver Projektionsschirm) sprachen wir auf S. 78.

A. Claudet projizierte 1858 die beiden Hälften einer stereoskopischen Aufnahme mit zwei Projektionsapparaten in etwas verschiedener Richtung auf dieselbe Fläche von Mattglas.[2]) Bei dem geringen Zerstreuungsvermögen feiner

[1]) Laterna magica Nr. 50 und 60.

[2]) Laterna magica 1882, Nr. 13; Photogr. Rundschau 1894, Heft 7, S. 199.

Mattscheiben genügt schon der Richtungsunterschied der beiden Strahlenkegel, um für jedes Auge eins der Bilder nahezu auszulöschen, wenn man sich an der richtigen Stelle des Zimmers befindet. So konnte Claudet einer kleinen Zahl von Personen gleichzeitig das körperliche Bild zeigen.

Projiziert man die beiden Teilbilder übereinander auf eine gut reflektierende, weisse Wand, so können dieselben niemals ohne weiteres den Eindruck der Körperlichkeit machen, denn hierzu ist erste Vorbedingung, dass in das rechte Auge nur das mit dem rechten Objektiv und in das linke Auge nur das mit dem linken Objektiv aufgenommene Bild gelangt.

Beachtung verdient der Vorschlag von d'Almeida und Woodbury,[1]) welcher darin besteht, dass vor beiden Objektiven, welche die stereoskopischen Bildhälften entwerfen, eine mit passenden Ausschnitten versehene, sich schnell drehende Scheibe angebracht wird, welche das eine Objektiv verschliesst, während sie das andere öffnet. Vor den Augen des Beobachters muss eine kleine, mit entsprechenden Ausschnitten versehene Scheibe mit derselben Geschwindigkeit derart kreisen, dass, sobald das rechte Auge frei wird, auf dem weissen Schirm das mit dem rechten Objektiv aufgenommene Bild sichtbar ist — und umgekehrt. Durch Andauer des Gesichtseindruckes vereinigen sich die beiden Aufnahmen im Auge des Beschauers zu einem körperlichen Bilde. Wenn sich dies Verfahren auch kaum bei einem grösseren Zuschauerkreise anwenden lässt, so hat es doch den Vorzug, sinnreich erdacht zu sein. Eine entsprechende Anordnung beschreibt A. Stroh in Laterna magica 1886, Nr. 31, S. 34 und T. C. Porter in „The Lantern Record“ (1897). Porters Anordnung wird von A. Steinhauser[2]) (welchem es wohl unbekannt blieb, dass Porter sich lediglich an eine ältere Erfindung anlehnt) einer genauen Besprechung unterzogen.

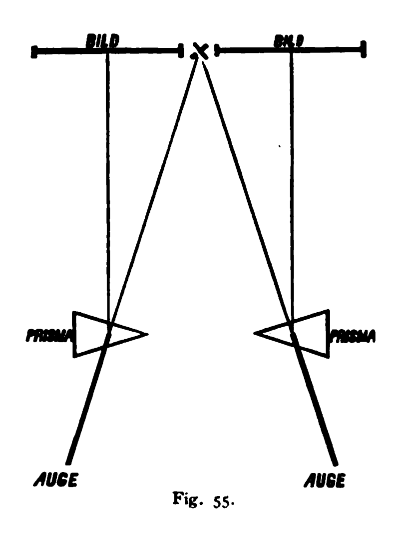


Fig. 55.

Nach Art des Dreifarbenprozesses will Porter farbige stereoskopische Bilder derart projizieren, dass er drei Laternen benutzt, deren jede mit zwei Objektiven ausgestattet ist. Jedes einzelne stereoskopische Teilbild setzt sich aus drei übereinander gelagerten Bildern (rot — grün — blau) zusammen. Die Projektion und Beobachtung geschieht ebenfalls intermittierend mit Hilfe durchlöcherter, sich drehender Scheiben. Porter dehnte theoretisch das Prinzip der kreisenden Scheibe auch auf stereoskopische Projektion von Reihenaufnahmen aus.

Projiziert man die beiden Teilbilder nicht über-, sondern nebeneinander auf die weisse Wand und betrachtet dieselben mit Hilfe eines Stereoskops,

[1]) Laterna magica 1884, Nr. 22, S. 20; Photogr. Rundschau 1894, Heft 7, S. 200.
[2]) Eders Jahrbuch für 1898, S. 265.

so müssen sie in genau derselben Weise einen körperlichen Eindruck machen, als ob man ein stereoskopisches Papierbild vor sich hat; nur sind hierfür die gewöhnlichen Stereoskope nicht zu brauchen. Wie Stereoskope beschaffen sein müssen, um das Betrachten projizierter Bilder zu ermöglichen, hat A. Steinhauser erörtert.

Bekanntlich kann man es durch einige Übung erlernen, ein stereoskopisches Bild auch ohne Stereoskop körperlich zu sehen. Wer sich diese Fertigkeit aneignete, wird zwei auf den weissen Schirm nebeneinander projizierte Bildhälften ohne besonderes Instrument körperlich sehen. Anderenfalls

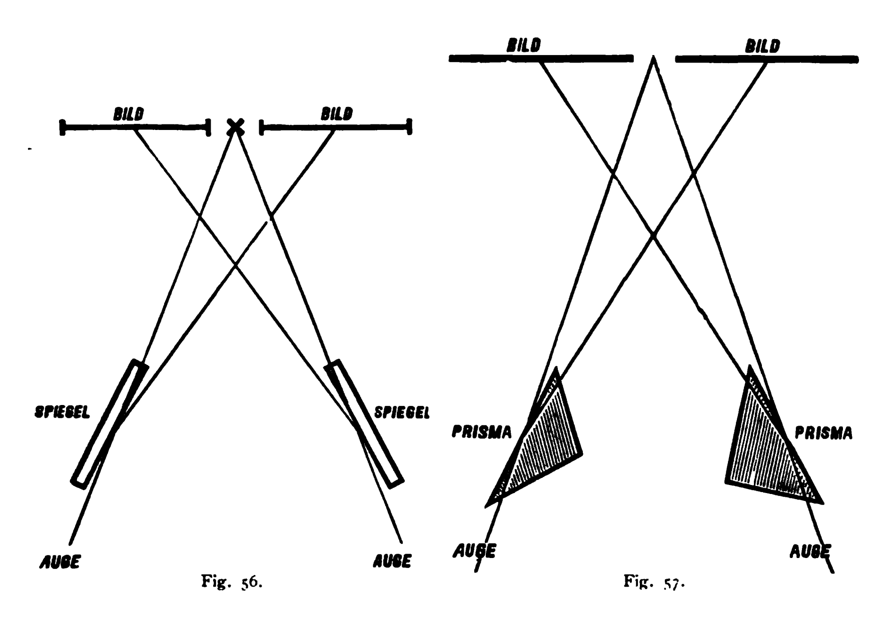


Fig. 56. Fig. 57.

lässt sich dies (ausser durch das Steinhausersche Stereoskop) durch Brillen erreichen, wie sie von Miethe[1]) angegeben sind: Fig. 55 zeigt eine mit zwei achromatischen Prismen ausgestattete Brille. Die beiden Prismen brechen in der Weise das Licht, dass der Beschauer beim Durchsehen an Stelle des doppelten Bildes ein einfaches erblickt, wobei die stereoskopische Wirkung ohne weiteres eintritt, da jedes Auge das richtige Bild erhält. Die Prismen sind drehbar eingerichtet, damit man von jedem Platze des Saales aus die nötige Konvergenz der Lichtstrahlen herbeiführen und die Bilder ohne Anstrengung der Augen zur Deckung bringen kann. Eine noch einfachere Form der Mietheschen Brille ist in Fig. 56 dargestellt. Diese Brille besteht aus zwei Spiegeln, welche um eine senkrechte Achse drehbar sind. Bei bestimmter Stellung der Spiegel erblickt man, wenn man die Brille vor die Augen nimmt, ein Bild, welches richtig stereoskopisch ist unter der Voraussetzung, dass in den rechten Projektionsapparat die linke Hälfte des Stereoskopbildes und in den linken die rechte Hälfte eingeschoben wird. Fig. 57 zeigt schliesslich eine Brille, bei welcher die beiden Spiegel durch total reflektierende

[1]) Photogr. Chronik 1895, Nr. 11, S. 81; Eders Jahrbuch für 1896, S. 411.

Prismen ersetzt sind. Diese Form dürfte die praktischste sein, da auf diesem Wege die wenigsten Lichtverluste stattfinden, durch eine einfache Einrichtung jede beliebige Drehung der beiden Prismen ausgeführt werden kann und von jedem Platze des Raumes aus sich die beiden Bilder zu vollkommener Deckung bringen lassen.

Wesentlich schwerfälliger als diese einfachen und sinnreichen Mietheschen Brillen ist eine von Knight angegebene Vorrichtung,[1]) die aus einem Brettchen von 30 cm Länge und 10 cm Breite besteht. Im rechten Winkel dazu ist auf einer Kante des Brettchens ein Kartonstreifen von 7 cm Höhe aufgeklebt, in welchem im Augenabstande zwei runde Löcher zum Durchsehen angebracht sind. Vor einem dieser Löcher befindet sich ein kleiner Spiegel und 15 cm seitwärts von letzterem ein zweiter Spiegel, dessen Fläche derjenigen des ersten parallel ist. Diese beiden Spiegel haben lediglich den Zweck, den Abstand der beiden Sehachsen zu vergrössern. Damit in das linke Auge nicht Strahlen von dem rechten Bilde — und umgekehrt — gelangen, ist auf dem Brettchen zwischen den beiden für die Augen bestimmten Löchern eine 40 cm lange Scheidewand aus schwarzem Karton angebracht. Der Beschauer nimmt das Instrument vor die Augen und blickt durch das linke Loch mit dem linken Auge nach dem linken Bilde und durch das rechte Loch mit dem rechten Auge nach dem rechten Bilde, wobei die Strahlen den Weg über die beiden kleinen Spiegel zurückzulegen haben.

Eine zur Betrachtung nebeneinander projizierter stereoskopischer Aufnahmen bestimmte, mit drehbaren Prismen versehene Brille (Stereojumelle) beschrieb Moessard[2]) im „Bulletin de la Société française 1896“ (S. 553). Das Instrument wird von Steinhauser[3]) ungünstig beurteilt.

Das Verfahren von John Anderton in Birmingham beruht darauf, die beiden Teilbilder mit verschieden polarisiertem Lichte zu projizieren: in jedem der beiden Objektive befindet sich ein Nicolsches Prisma, deren Polarisationsebenen zu einander rechtwinklig stehen. Man erhält also auf der Wand zwei verschieden polarisierte Bilder. Damit die Polarisation durch die weisse Wand nicht aufgehoben wird, muss dieselbe mit matter Silberfolie belegt sein. Jeder Zuschauer betrachtet das Bild durch eine Brille, welche zwei entsprechend gestellte Nicolsche Prismen enthält. Da jedes dieser Prismen nur gleichpolarisiertes Licht durchlässt, so gelangen in das rechte Auge nur Strahlen von dem rechten Bilde — und umgekehrt, während für das rechte Auge die vom linken Bilde ausgehenden und für das linke Auge die vom rechten Bilde ausgehenden Strahlen ausgelöscht werden.

Stereoskopische Projektionen dieser Art sind nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch ausführbar; das beweisen die Vorführungen, welche gelegentlich der photographischen Ausstellung in Sydenham bei London (Mai 1898) veranstaltet wurden:[4]) In einem grossen, verdunkelten Saale wurden

[1]) Laterna magica 1899, Nr. 58, S. 53.
[2]) Photogr. Korrespondenz 1898, Heft 1, S. 25.
[3]) Eders Jahrbuch für 1898, S. 278.
[4]) Photogr. Rundschau 1898, Heft 6, S. 188.

mit der angegebenen Vorrichtung stereoskopische Bilder projiziert, und jeder der nach Hunderten zählenden Zuschauer erhielt eine mit Nicolschen Prismen ausgestattete Brille. Die stereoskopische Wirkung der z. T. kolorierten Bilder war vorzüglich. Verfasser überzeugte sich davon, dass man von den verschiedensten Plätzen des Saales aus einen guten körperlichen Eindruck empfing. Die geltend gemachten Bedenken, dass besonders auf den seitlichen Plätzen die stereoskopische Vereinigung der Bilder schwer ist, sind also hinfällig. Selbstverständlich bedingt jede Projektion dieser Art Lichtverluste. Doch waren die Bilder in Sydenham bei Benutzung von elektrischem Bogenlicht sehr hell. Man darf nicht vergessen, dass zwei Laternen ihr Licht auf den besonders gut reflektierenden Silbervorhang senden. Wenn also bei jedem Teilbilde etwa 70 Prozent Lichtverluste vorhanden sind, so ist das Gesamtergebnis in Bezug auf Helligkeit doch günstig.

Ein weiterer Einwand gegen Projektionen dieser Art ist die durch die Nicolschen Prismen herbeigeführte Einengung des Bildfeldes. Als ob es sich bei Projektionen überhaupt jemals um grosse Bildwinkel handelt! Endlich führte man den hohen Preis der Nicolschen Prismen ins Feld. Die Firma Liesegang in Düsseldorf berechnet für das Paar Polarisatoren, die an den Objektiven der beiden Apparate angebracht werden, 180 Mk., für das Dutzend Brillen mit Polarisationsprismen 40 Mk. Unerschwinglich sind diese Preise also nicht.

An Stelle der Nicolschen Prismen empfiehlt Anderton[1]) mehrfache Lagen dünner Glasscheiben, die in bestimmter Winkelstellung das Licht polarisieren. Ferner ist es nach Anderton zweckmässig, die Silberoberfläche des Schirmes mit senkrechten Linien oder Streifen zu bedecken, weil dann der Winkel, unter dem die stereoskopischen Bilder hell und wirkungsvoll hervortreten, sich bedeutend vergrössert.

Um den Bildwinkel zu vergrössern und die Preise herabzusetzen, berechnete Stolze[2]) für die Brillen bestimmte, polarisierende Glasprismen. An Stelle der am Objektiv anzubringenden Polarisatoren schlägt er Benutzung schwarzer, polarisierender Spiegel vor. Natürlich sind die Lichtverluste hierbei ungewöhnlich gross.

Wir kommen nunmehr zu derjenigen Methode, wo mit Hilfe von Gläsern, die in den Komplementärfarben gefärbt sind, der körperliche Eindruck des Bildes hervorgebracht wird. 1853 beschrieb zuerst der deutsche Physiker Rollmann[3]) dies Verfahren der Stereoskopie, welches fünf Jahre später (1858) von J. C. d'Almeida in Paris auf die stereoskopische Projektion ausgedehnt wurde.

Von den Komplementärfarben kommen in Betracht: Rot und Grün; Gelb und Blau. Am besten verwendet man Rot und Grün, weil sie dem Auge etwa gleich hell erscheinen. Bei Gelb und Blau ist Gelb für das Auge hell, Blau dagegen dunkel; die beiden Teilbilder werden daher ungleich hell wahrgenommen.

---

[1]) Brit. Journ. of Phot. 1898. Eders Jahrbuch für 1899, S. 437.

[2]) Atelier des Photographen 1895, Heft 10, S. 141.

[3]) Poggendorfs Annalen XC., S. 186. Photogr. Rundschau 1894, Heft 7, S. 199.

Die Projektion geschieht nach diesem Verfahren derart, dass die beiden stereoskopischen Teilbilder mit zwei Apparaten auf den weissen Schirm projiziert werden; in dem einen Objektiv befindet sich eine grüne, in dem anderen eine rote Scheibe. Der Beschauer setzt eine Brille auf, in der sich auf der einen Seite ein grünes, auf der anderen ein rotes Glas befindet. Durch das grüne Glas erblickt das Auge nur das mit dem grünen Objektiv projizierte Bild, denn das mit dem roten Objektiv projizierte wird durch grünes Glas ausgelöscht. Ebenso sieht das andere Auge durch das rote Glas nur das mit dem roten Objektiv projizierte Bild. Die Anordnung muss derart getroffen sein, dass in jedes Auge das richtige Teilbild gelangt; anderenfalls würde man pseudoskopische Wirkung haben, d. h. die zunächst liegenden Gegenstände würden in die Ferne gerückt erscheinen.

Das rote und das grüne Teilbild vereinigen sich in den Augen des Beschauers zu einem Gesamtbilde mit weissen Lichtern und schwarzer Zeichnung. Diese Wirkung tritt jedoch nur ein, wenn die Farben genau komplementär sind, wenn die Lichtquelle sehr intensiv ist und der Beschauer für beide Farben gleiche Empfindlichkeit besitzt. Sind die Farben nicht genau komplementär, so bleiben von den Bildern, die eigentlich ausgelöscht sein sollten, störende Reste übrig. Ist die Lichtquelle nicht genügend hell, so kommt an Stelle des reinen Weiss nur schmutziges Grau zu stande. Hat endlich der Beschauer ungleiche Empfindlichkeit für die beiden Farben, so macht sich der Wettstreit der Sehfelder in störender Weise bemerkbar: d. h. es überwiegt das rote oder das grüne Gesichtsfeld, oder abwechselnd eins von beiden, so dass also der Eindruck von Weiss überhaupt nicht gewonnen wird. Ebenso kann bei ganz oder teilweise Farbenblinden befriedigende Bildwirkung nicht erzielt werden.

Die Schatten und Halbschatten des Bildes kommen bei diesem Verfahren durch den dunkeln Silberniederschlag der beiden Teilbilder zu stande.

Da hier die Lichtverluste ausserordentlich gross sind, so konnte sich dies Verfahren der stereoskopischen Projektion trotz seiner Einfachheit nicht einbürgern. Ein auf denselben Grundsätzen beruhendes, nur in der Ausführung abgeändertes Verfahren scheint jedoch Aussicht auf allgemeinere Verbreitung zu haben. Dasselbe beruht darauf, dass man die beiden Teilbilder farbig auf Gelatinefolien druckt und dieselben übereinander legt. Hierbei hat man den Vorteil, dass diese Bilder wie jedes andere Diapositiv in einem einzigen Apparat projiziert werden können. Das Verfahren ist von M. Petzold in Chemnitz ausgebildet. Petzold stellt die Diapositive nach dem Chromverfahren her, d. h. er kopiert unter einem Diapositiv auf Gelatineplatten, die durch doppeltchromsaures Ammoniak lichtempfindlich gemacht sind, 60 bis 90 Minuten.[1]) Nach dem Belichten folgt stundenlanges Auswaschen in kaltem Wasser, bis nur noch schwache Gelbfärbung an den belichteten Stellen durch zurückgehaltenes Chromsalz erkennbar ist. Das Färben in nicht zu stark

[1]) Laterna magica 1897, Nr. 49, S. 1; 1900, Nr. 63, S. 33. Photogr. Rundschau 1897, Heft 3, S. 89; 1900, Heft 7, S. 145.

konzentrierten Farblösungen geschieht am besten nach dem Trocknen. Dabei nehmen die Bilder nur an den unbelichteten Stellen Farbstoff auf; es entsteht also nach dem Diapositiv wiederum ein Positiv. Die beiden Farbenkopien (rot und grün), die möglichst hell gefärbt sein sollen, werden übereinander geklebt. Es ist keineswegs notwendig, übrigens auch völlig unmöglich, dass die beiden Teilbilder sich genau decken. Je besser die beiden Farben komplementär sind, sich also gegenseitig auslöschen, um so besser ist die Wirkung. Zu den Brillen nimmt man Gläser, die mit Gelatine überzogen und mit denselben Farbstofflösungen gefärbt sind, welche zum Färben der Diapositive verwendet wurden.

Eingehende Vorschriften zur Herstellung dieser Bilder veröffentlichte dann auch Marguery in Rouen.[1])

Projiziert man ein Doppelbild dieser Art auf den weissen Schirm, so sind die Lichter weiss; die eigentliche Zeichnung des Bildes besteht aus einem Wirrwarr von Rot und Grün. Hierauf beruht der grundsätzliche Unterschied dieses Verfahrens gegenüber dem oben beschriebenen, wo bei Diapositiven mit schwarzer Zeichnung rote und grüne Gläser vor die Objektive gesetzt werden und daher weisses Licht auf dem Schirm überhaupt nicht vorhanden ist. Betrachtet man das nach dem Petzoldschen Verfahren projizierte Bild durch die rot-grüne Brille, so ist von dem roten Bilde durch das rote Glas nichts zu erkennen, weil die ganze Fläche (Licht und Schatten) gleichmässig rot erscheint. Die Zeichnung des grünen Bildes erscheint bei Betrachtung durch das rote Glas schwarz. Entsprechendes findet bei Betrachtung durch das grüne Glas statt. Die roten und grünen Lichter vereinigen sich in den Augen des Beschauers zu Weiss, während die schwarz erscheinende Zeichnung der beiden Bilder den körperlichen Eindruck hervorruft. Vor allen Dingen sind die Lichtverluste bei weitem nicht so bedeutend, als wenn schwarze Bilder mit Hilfe farbiger Scheiben projiziert und durch farbige Brillengläser betrachtet werden.

Das Petzoldsche Verfahren ist nicht nur in der Theorie schön; es ist in der Praxis noch viel schöner. Verfasser veranstaltete mit Bildern dieser Art wiederholt stereoskopische Projektionen, bei denen die vorzügliche körperliche Wirkung der Bilder allgemeinen Beifall fand. Die nötige Anzahl farbiger Brillen lässt sich ohne nennenswerte Kosten beschaffen. In einem grossen Zuschauerkreise befanden sich immer nur wenige, die infolge von Farbenblindheit oder Wettstreit der Sehfelder nicht zu einem befriedigenden stereoskopischen Eindruck gelangen konnten.

Der Vollständigkeit halber geben wir eine Notiz über stereoskopische Projektion wieder, welche G. H. Niewenglowski (Paris) in Eders Jahrbuch für 1896 (S. 114) veröffentlicht:

„Nach dem Prinzip des umgekehrten Rücklaufs der Strahlen ist es mir gelungen, mit Hilfe eines photographischen Bildes Projektionen in drei Dimensionen herzustellen. Bringt man das Glaspositiv an dieselbe Stelle, welche

---

[1]) Photogr. Chronik 1898, Nr. 12, S. 95.

die matte Glasplatte während der Exposition inne hatte, und beleuchtet es in geeigneter Weise, so wirft das Objektiv das Bild wieder in dieselbe Entfernung, in welcher sich der Gegenstand im Raume befand, der Art, dass das Bild, indem es ziemlich weit entfernt ist, nicht leicht zu sehen ist; es ist übrigens sehr lichtschwach, wenn man nicht eine sehr starke Lichtquelle benutzt. Aber wenn man das Lichtbündel mittels eines Hohlspiegels auffängt, kann man, wenn man den Spiegel kräftig genug auswählt, ein Luftbild erzeugen, das, so klein wie man es nur haben will, stets dabei[1]) Dimensionen aufweist, aber dem Gegenstande in der Richtung der optischen Achse nicht ähnlich ist. Wenn es gelingen sollte, diese Luftbilder einer grossen Zahl von Personen sichtbar vorzuführen, so würde damit für das Problem der stereoskopischen Projektionen eine neue Lösung gefunden sein."

Hierzu ist zu bemerken, dass man bei jeder Projektion das Glaspositiv an die Stelle bringt, welche die matte Glasplatte (oder vielmehr die Trockenplatte, denn eine matte Glasplatte pflegt man nicht zu exponieren) während der Exposition einnimmt. Dass bei genauer Einhaltung der Verhältnisse, wie sie bei der Aufnahme vorlagen, bei der Projektion das Bild „ziemlich weit entfernt" sein soll, trifft nicht zu, sobald es sich um Aufnahmen nahe gelegener Gegenstände handelt. Fängt man ein derartiges Luftbild nicht auf dem weissen Schirm, sondern mit Hilfe eines „kräftigen" Hohlspiegels (was ist unter einem „kräftigen" Hohlspiegel eigentlich zu verstehen?) auf, so erhält man ein verkleinertes Luftbild, das nur in den Augen phantasievoller Beschauer drei Dimensionen, in den Augen aller übrigen Menschen jedoch nur zwei Dimensionen haben kann. Die dritte Dimension geht bei der Aufnahme vollständig verloren und kann durch den von der ebenen Fläche des Diapositivs ausgehenden Rücklauf der Strahlen niemals wieder hervorgezaubert werden.

Projektion von Reihenbildern.

Projektion von Reihenbildern ist zuerst von dem Amerikaner Muybridge ausgeführt. O. Anschütz (Lissa — Berlin) hat dann die Technik ausserordentlich verbessert. Da es sich jedoch stets um kurze, mit 12 bis 24 gleichartigen Apparaten aufgenommene Reihen handelte, war es nicht möglich, einen länger als wenige Sekunden andauernden Bewegungsvorgang darzustellen. Durchgreifenden Wandel schaffte erst die Erfindung des Kinematographen. Man ist nunmehr im stande, auf beliebig langen Filmstreifen Bewegungsvorgänge von beliebiger Dauer festzuhalten. Unendlich gross ist die Zahl derjenigen Apparate, welche Projektion von Reihenaufnahmen ermöglichen. Alle Konstruktionen laufen darauf hinaus, dass die Aufnahme für den kleinen Bruchteil einer Sekunde vor dem Kondensor (dort, wo sich bei gewöhnlicher Projektion das Diapositiv befindet) still steht und dann durch Weiterrücken

[1]) Soll offenbar heissen: „drei".

des Bandes durch die nächstfolgende Aufnahme ersetzt wird. Während des Weiterrückens schliesst sich das Objektiv selbstthätig, so dass der Beschauer von der Bewegung des Filmbandes nichts merkt. Dieser Vorgang wiederholt sich in der Sekunde 20- bis 40 mal. Infolge von Fortdauer des Gesichtseindruckes erscheinen dem Beschauer die Bilder in ununterbrochener Folge.

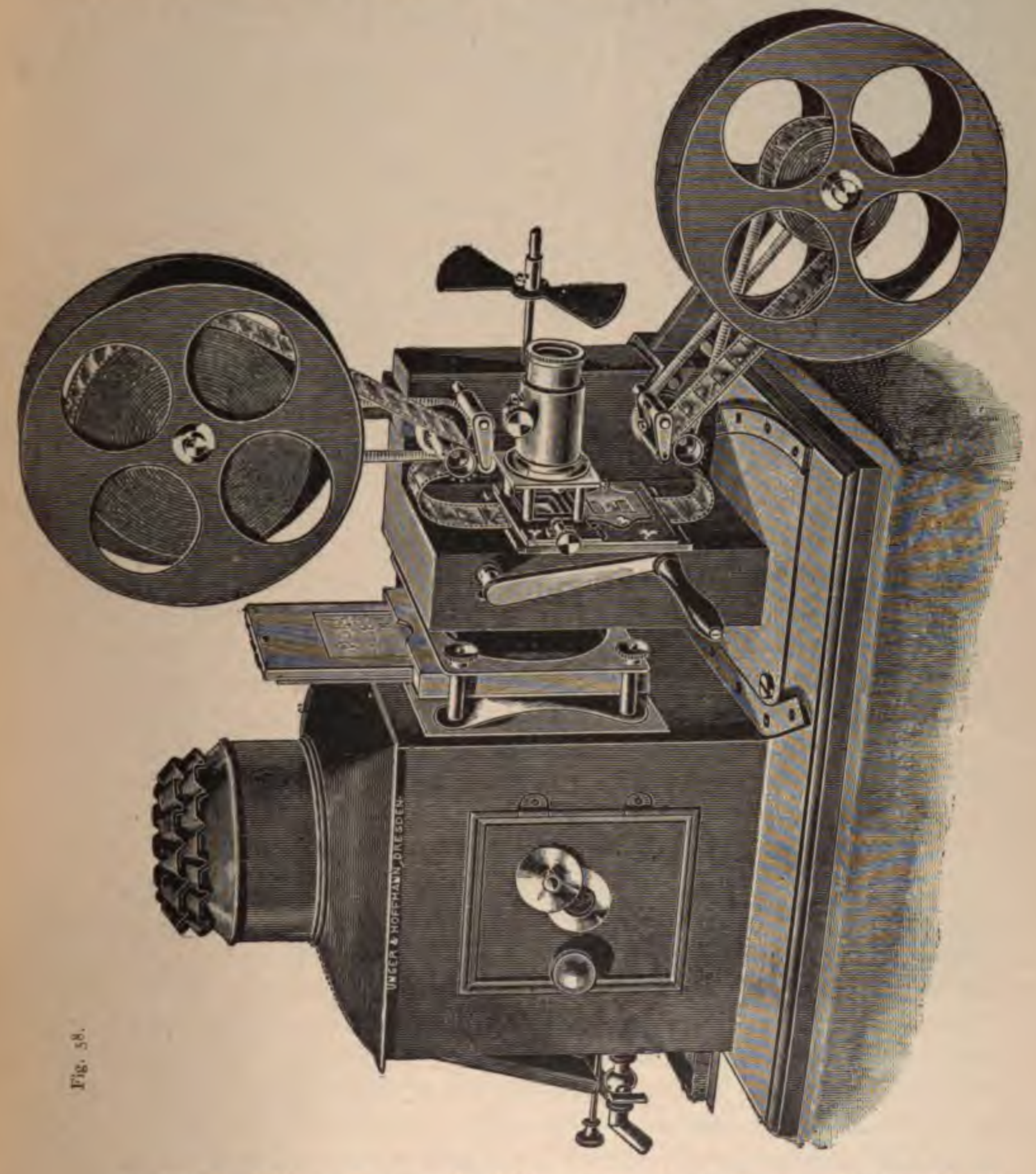


Fig. 58.

Die Reihenbilder pflegen sehr klein, etwa 4 × 5 cm, zu sein; um sie in genügender Grösse zu projizieren, ist starke Vergrösserung notwendig. Es kommt daher lediglich Kalklicht oder elektrisches Bogenlicht in Betracht. Wegen der leichten Entzündlichkeit der Films sind dieselben vor Erhitzung zu schützen. Um die gegebene Lichtmenge möglichst vorteilhaft auszunutzen,

wird man das Filmband so anbringen, dass der vom Kondensor kommende Lichtkegel das kleine Bild eben bedeckt (vergl. S. 71).

In Fig. 58 geben wir die Abbildung eines Kinematographen, welcher von Unger u. Hoffmann (Dresden) in den Handel gebracht wird. Während der Vorführung rollt sich der Film von der oberen Rolle ab auf die untere auf. Will man die Bilder in verkehrter Reihenfolge vorführen, so braucht man nur den Handgriff in umgekehrter Richtung zu drehen. Die Verdunkelung des Gesichtsfeldes besorgen die vor dem Objektiv angebrachten Flügel. Nach Fortnahme des Vorbaus ist der Apparat auch für gewöhnliche Projektion zu benutzen. An vielen Apparaten ist die untere, zum Aufrollen des benutzten Bandes bestimmte Rolle fortgelassen — nicht mit Unrecht, denn hier wird das Band verkehrt aufgerollt und muss zu einer neuen Vorführung doch von neuem aufgewickelt werden.

Es werden auch kinematographische Projektionsvorrichtungen in den Handel gebracht, die sich ohne Mühe an jedem vorhandenen Projektionsapparat befestigen lassen.

Häufig tritt bei Projektion von Reihenbildern störendes Zittern und Flimmern des Bildes auf. Das Zittern hat seinen Grund darin, dass das folgende Bild sich nicht genau an der Stelle des vorhergehenden befindet und zeigt sich dieser Fehler hauptsächlich dann, wenn die zur Vorwärtsbewegung des Filmstreifens seitlich angebrachten Löcher, in welche die Zähne der Fortbewegungswalze eingreifen (s. Fig. 58), durch häufige Vorführung des Bandes ausgeweitet sind. Flimmern entsteht dagegen, wenn die Bildschicht durch häufige Benutzung beschädigt und mit kleinen Löchern und Kratzern versehen ist.

Erheiternde Wirkungen lassen sich erzielen, wenn man ganze Reihen oder einige Abschnitte davon in umgekehrter Folge vorführt, ebenso, wenn man Bilder aus zwei verschiedenen Filmstreifen zusammenklebt.[1]) In dieser Weise lassen sich Vorgänge, die sich örtlich und zeitlich getrennt abspielten, in einer Bilderreihe vereinigen. Insbesondere kann man nach dieser Methode die seltsamsten Verwandlungsscenen zur Darstellung bringen.

Über Porters Vorschlag zur Projektion stereoskopischer Reihenbilder berichteten wir auf S. 94. Raleigh[2]) will dadurch stereoskopische Wirkung bei Reihenaufnahmen erzielen, dass er zwei nach derselben Reihenaufnahme kopierte Bänder durch zwei Apparate laufen und nach irgend einer der Methoden projizieren und betrachten lässt, die bei stereoskopischer Projektion in Frage kommen. Die beiden Bänder werfen jedoch nicht dasselbe Bild auf den weissen Schirm; das eine Band ist vielmehr hinter dem anderen immer um zwei bis drei Aufnahmen zurück. Betrifft die Aufnahme einen Gegenstand, der sich von rechts nach links (oder umgekehrt) durch das Gesichtsfeld bewegt, so wird die um zwei Zeitabschnitte später gefertigte Aufnahme

[1]) Photogr. Rundschau 1901, Heft 4, S 90.
[2]) The British Journal Photographic Almanac 1900, S. 859. Eders Jahrbuch für 1900, S. 423.

den sich bewegenden Gegenstand unter einem etwas anderen Gesichtswinkel abbilden, als die früher gefertigte, und in diesem Falle sind die Vorbedingungen zum Zustandekommen eines körperlichen Bildes gegeben. Verallgemeinern für die verschiedenen Arten der Bewegung lässt sich jedoch der Vorschlag von Raleigh nicht.

Von deutschen Firmen, welche Reihenprojektionsapparate in den Handel bringen, nennen wir O. Anschütz (Berlin), Dr. A. Hesekiel u. Co. (Berlin), Messter (Berlin), Siegmund F. Meissl (Berlin), R. Talbot (Berlin), Liesegang (Düsseldorf), Unger u. Hoffmann (Dresden).

Projektion wissenschaftlicher Versuche.

Die bei Vorlesungen über Physik und Chemie vielfach gebräuchliche Projektion wissenschaftlicher Versuche vollzieht sich genau so, wie diejenige von Glasbildern. Vorbedingung ist, dass es sich um Versuche handelt, bei denen das Versuchsobjekt durchsichtig ist und möglichst geringe Dicke hat. Besonders geeignet für Vorführungen dieser Art sind daher chemische und physikalische Vorgänge, die sich in schmalen, planparallelen Küvetten, in Probiergläschen, Kapillarröhren u. dergl. abspielen. Nach Fortnahme der Bildbühne und des Verbindungsstückes zwischen Kondensor und Objektiv wird die zu projizierende Vorrichtung auf passender Unterlage vor den Kondensor an die Stelle des Bildschiebers gebracht. Damit sich sowohl das Objektiv, wie die zu projizierenden Gegenstände in jeder Richtung verschieben lassen, muss der Apparat eine optische Bank besitzen. Die einfachste optische Bank ist ein glattes Brett; bei den kostspieligeren Apparaten besteht sie aus runden oder prismatischen Metallstäben. Vielfach werden als „Universitätsapparate für wissenschaftliche Projektion“ Ungetüme angepriesen, die, meist aus England stammend, ausserordentlich teuer und lediglich darauf berechnet sind, unerfahrenen Zuschauern den Eindruck ungeheuerer Vollkommenheit zu machen, während sie in Wirklichkeit kaum zu brauchen sind.

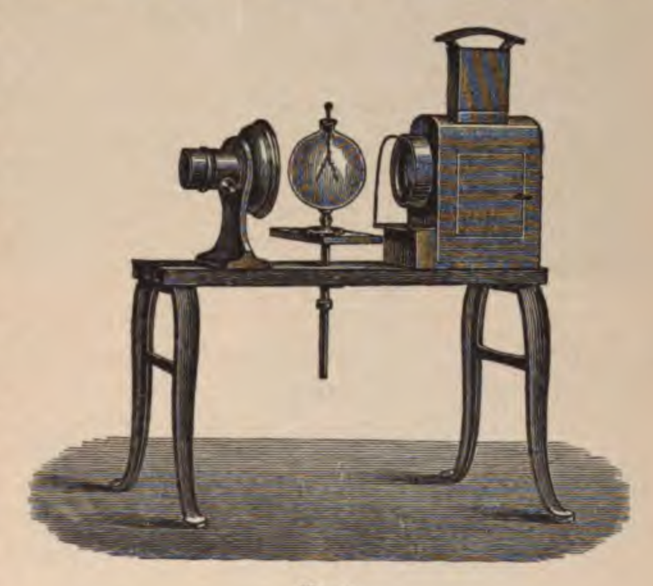


Fig. 59.

Fig. 59 veranschaulicht die Anordnung bei Projektion des Elektroskops, Fig. 60 diejenige bei Projektion der spektralen Zerlegung des Lichtes in die Grundfarben.

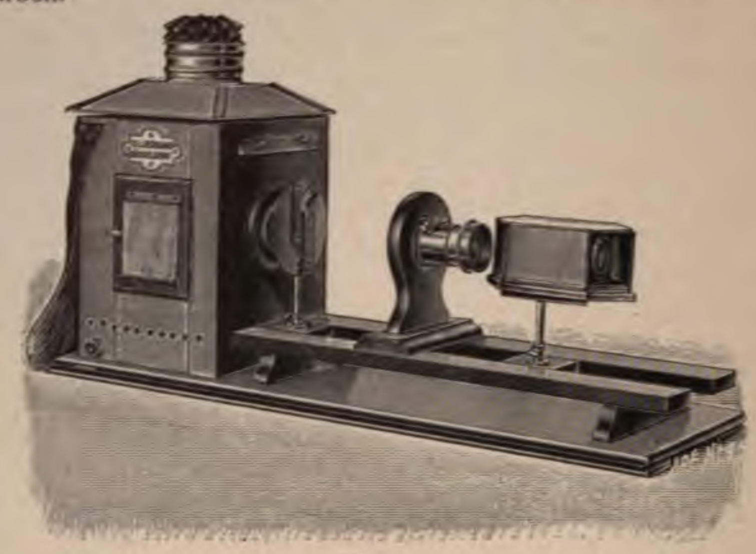


Fig. 60.

Will man Versuche projizieren, bei denen das Objekt in wagerechter Lage verharren muss, z. B. Chladnische Klangfiguren auf durchsichtigen Platten,

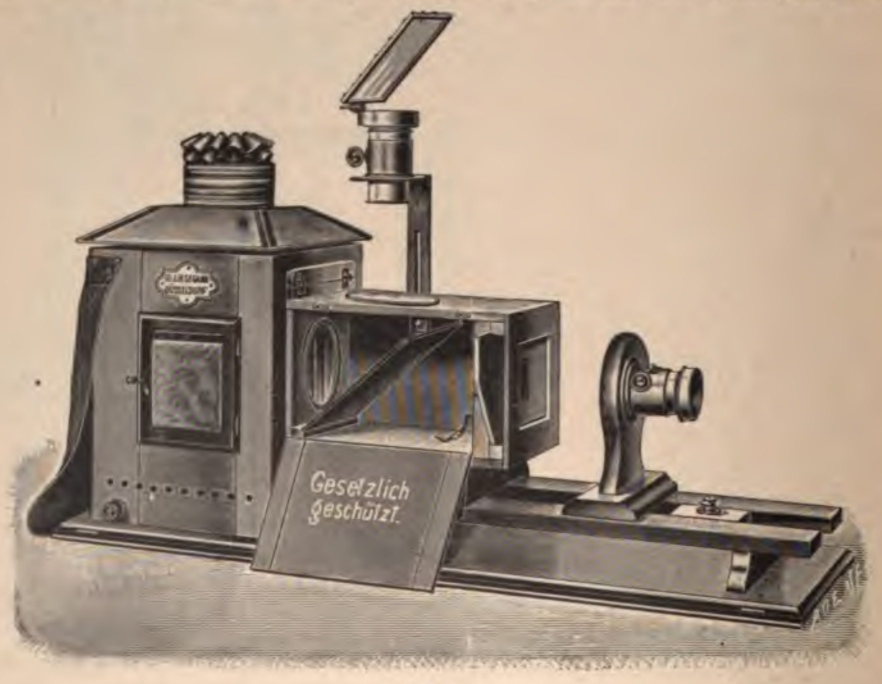


Fig. 61.

magnetische Kraftlinien, Krystallisationsvorgänge in flachen Glasschalen u. s. w., so bedarf man einer Einrichtung, wie sie in Fig. 61 dargestellt ist: Die von der

Hinterlinse des Kondensors kommenden Strahlen werden mittels eines im Winkel von 45° geneigten Spiegels durch die kreisrunde Öffnung der oberen Kastenwand — in welche die Vorderlinse des Kondensors eingesetzt ist — nach oben geleitet. Das zu projizierende Objekt wird unmittelbar auf diese wagerecht liegende Kondensorvorderlinse gebracht. Durch den oben am Objektiv befindlichen Spiegel werden die Strahlen auf den weissen Schirm befördert. Durch Herunterklappen des im Kasten befindlichen Spiegels kann man zur Projektion von Glasbildern oder anderen, auf der optischen Bank aufgestellten Objekten übergehen. Natürlich muss eine zweite (senkrecht aufgestellte) Kondensorvorderlinse an dem vorderen Ende des Kastens (unmittelbar hinter der Bildbühne) angebracht werden.

Nach Fortnahme des vorderen Kastens (Fig. 61) lässt sich an die Stelle desselben ein für Projektion undurchsichtiger Gegenstände bestimmter Kasten (Fig. 53, S. 91) setzen, mit dessen Hilfe man Versuche mit undurchsichtigen Körpern (z. B. Ablenkung einer Magnetnadel) projizieren kann.

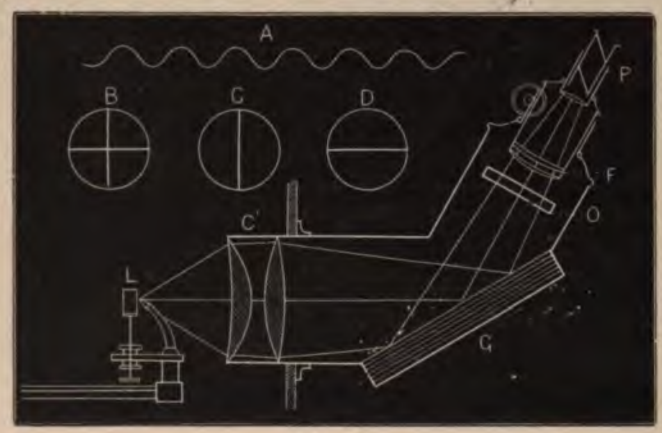


Fig. 62.

Will man Polarisationserscheinungen projizieren, so ist ein besonderer Ansatz notwendig, der vor dem Kondensor angebracht wird. Derselbe enthält, um das teuere, grosse Nicolsche Prisma zu ersparen, eine Lage dünner Glasplättchen (*G* in Fig. 62). Die im polarisierten Lichte zu demonstrierenden Objekte werden bei *O* eingeschoben. *F* ist das Objektiv, *P* das analysierende Nicolsche Prisma. Vorrichtungen dieser Art werden z. B. von R. Fuess (Steglitz) und E. Liesegang (Düsseldorf) in den Handel gebracht.

Auf genaue Beschreibung der verschiedenen zu projizierenden Versuche müssen wir verzichten. Der Chemiker und Physiker wird auch ohne eine solche Beschreibung wissen, was er zu projizieren hat.[1])

[1]) Mehr oder minder ausführliche Beschreibungen derartiger Projektionsversuche finden sich u. a. in:

Dr. S. Th. Stein, Die optische Projektionskunst. Halle a. S. 1887. Verlag von W. Knapp.

Stöhrer, Die Projektion physikalischer Experimente. (Vergriffen).

Laterna magica. Vierteljahrsschrift für alle Zweige der Projektionskunst. Verlag von E. Liesegang. Düsseldorf. (Z. B. in Nr. 49, 50, 51, 58, 59, 64.)

Dr. O. Zoth, Die Projektionseinrichtung und besondere Versuchsanordnungen. Wien. Hartlebens Verlag.

Carl. Freyer, Das Skioptikon in der Schule. Dresden 1900. Verlag des Apollo.

Dr. W. Thörner, Die Verwendung der Projektionskunst im Anschauungsunterricht. Düsseldorf. Verlag von E. Liesegang.

Mikroskopische Projektion.

Keine Art der Projektion führte so oft zu so bitteren Enttäuschungen, wie diejenige mikroskopischer Präparate. Verhältnismässig einfach war die Sache vor 100 Jahren, wo man durch die Fensterladen eines verdunkelten Zimmers ein Loch bohrte, in Nähe desselben ein Mikroskop aufstellte, mit Hilfe eines Spiegels ein Bündel Sonnenstrahlen auf das Präparat schickte und ein helles, grosses Bild des Präparates auf dem weissen Schirm entwarf.[1]) Aber die Zeiten sind anders geworden: die schwachen Objektive, mit denen man damals arbeitete, genügen nicht mehr, und wenn die Sonne scheint, haben die Menschen keine Zeit, einen Projektionsvortrag anzuhören.

Man wird einwenden, dass wir im elektrischen Bogenlichte den schönsten Ersatz für Sonnenlicht haben. Hier liegt jedoch ein schwer auszurottender Irrtum vor, der auf Unterschätzung des Sonnenlichtes und Überschätzung des elektrischen Bogenlichtes beruht. Letzteres ist selbst bei stärksten Bogenlampen nicht annähernd so hell, wie Sonnenlicht. Da nun die Frage der Projektion mikroskopischer Präparate mit starken Objektiven lediglich Lichtfrage ist, so wird sie in befriedigender Weise erst beantwortet werden, wenn wir eine künstliche Lichtquelle besitzen, die viel intensiver ist, als elektrisches Bogenlicht.

Bei schwachen Objektiven reicht elektrisches Bogenlicht in mässig grossen Auditorien stets aus, bei mittelstarken mitunter, bei starken (Immersionen) niemals.

Die Vorstellung ist weit verbreitet, dass in Bezug auf Beleuchtung bei mikrophotographischen Aufnahmen und bei der Projektion (beides ist genau dasselbe; bei der Projektion wird nur die lineare Vergrösserung weiter getrieben, wie bei der mikrophotographischen Aufnahme) ganz besondere, geheimnisvolle Verhältnisse obwalten, deren Kenntnis nur den Wenigen beschieden ist, die brauchbare mikrophotographische Aufnahmen zu stande brachten. Diese Auffassung ist völlig irrig. Für die Aufnahme und Projektion wird ebenso beleuchtet, wie für die Okularbeobachtung. Die Unterschiede liegen nur darin, dass man bei der Okularbeobachtung auch etwas erkennen kann, wenn man falsch beleuchtet, während die mikrophotographische Platte und der weisse Vorhang gegen falsche Beleuchtung äusserst empfindlich sind.

Leider ist immer noch den wenigsten Mikroskopikern bekannt, dass man die Beleuchtung nur durch Hineinblicken in den Tubus nach Herausnahme des Okulars kontrollieren kann. Es würde zu weit führen, darauf einzugehen, wie man hierbei im einzelnen Falle verfahren muss; in des Verfassers „Lehrbuch der Mikrophotographie“ sind diese Dinge eingehend erörtert. Da man bei der Projektion mit sehr grellem Licht arbeitet, durch welches das in den

[1]) Davy fertigte in dieser Weise im Anfange des vorigen Jahrhunderts bereits mikrophotographische Aufnahmen; s. Neuhauss, Lehrbuch der Mikrophotographie. Verlag von Hirzel in Leipzig (früher Harald Bruhn, Braunschweig) 1898, II. Aufl., S. 1.

Tubus blickende Auge vollständig geblendet wird, so hat man während des Hineinblickens das Licht durch Rauchgläser abzuschwächen.

Fig. 63 veranschaulicht die Anordnung bei Projektion mit einem mittelstarken Trockensystem: Bei umgelegtem Mikroskopstativ fällt der vom Kondensor kommende Strahlenkegel auf die Unterseite des Abbeschen Beleuchtungsapparates. Von grösster Wichtigkeit ist Einschaltung der Absorptionsküvette *A*. Wenn noch kürzlich von einem ausgezeichneten Forscher behauptet wurde, dass die Absorptionsküvette nutzlos ist und Einschaltung einer Glimmerplatte zum Abfangen der Wärmestrahlen ausreiche, so ist uns auf Grund langjähriger Erfahrungen diese Behauptung unverständlich. Geschützt vor Hitze muss nicht nur das Präparat, sondern vor allen Dingen das teure Objektiv werden, dessen Linsen mit Kanadabalsam zusammengekittet sind. Die Präparate verbleiben der Regel nach nicht lange auf dem Objekttisch, sondern werden im Verlaufe der Projektion häufig ausgewechselt. Bei sehr alten Präparaten, wo der ein-

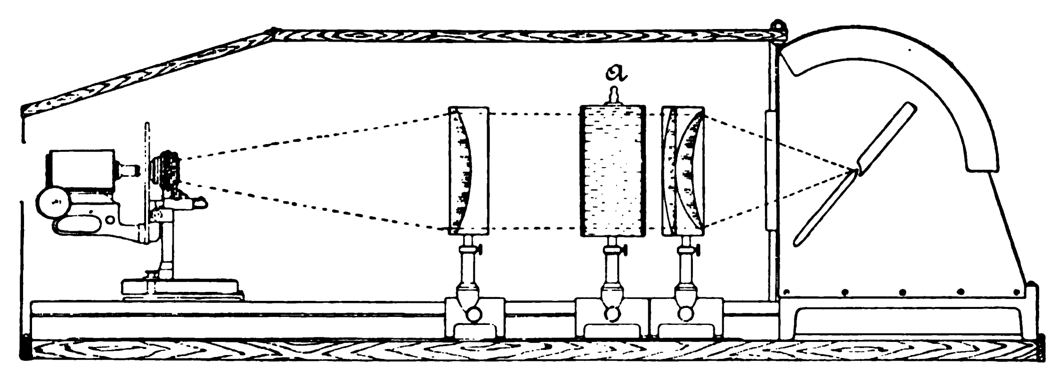


Fig. 63.

bettende Balsam bereits steinhart geworden ist, kann es sich ereignen, dass dasselbe die Hitze ungewöhnlich lange verträgt. Wir erlebten es jedoch unzähligemale, dass das Präparat sofort zu kochen begann, sobald man es ohne Einschaltung einer Absorptionsküvette auf den Objekttisch brachte. Noch viel ungünstiger liegen die Verhältnisse bei den Objektiven, welche der Regel nach lange Zeit im heissesten Abschnitte des Strahlenkegels verbleiben. Man darf nicht vergessen, dass bei mikroskopischer Projektion die Konzentration der Strahlen auf einen viel kleineren Raum stattfindet, als bei makroskopischer Projektion. Während bei letzterer die Füllung der Absorptionsküvette mit abgekochtem Wasser genügt (s. S. 23), muss man bei mikroskopischer Projektion zu Flüssigkeiten seine Zuflucht nehmen, die ein möglichst hohes Absorptionsvermögen für Wärmestrahlen haben. Die immer noch empfohlene Alaunlösung ist hierfür gänzlich ungeeignet. Dagegen absorbieren alle gelb gefärbten Flüssigkeiten die Wärmestrahlen in hohem Grade. Das Beste leistet eine angesäuerte, fünfprozentige Eisenchlorürlösung, sie schützt gleichzeitig gefärbte Präparate vor dem Ausbleichen.

Bei mikroskopischer Projektion muss die Flüssigkeitsschicht mindestens eine Dicke von 10 cm haben; häufig ist man gezwungen, dieselbe wenigstens

doppelt so dick zu nehmen. Direkte Kühlung des Präparates durch den Zothschen Kühler wird überflüssig bei Benutzung einer hinreichend dicken Schicht der Eisenchlorürlösung. Der Zothsche Kühler allein ohne Absorptionsküvette reicht unter Umständen aus, um das Präparat kühl zu halten; derselbe schützt jedoch nicht das Objektiv in genügender Weise, weil die in demselben zirkulierende Flüssigkeitsschicht su schmal ist.

Einen zweckmässigen Präparatkühler wendet die Firma E. Leitz bei ihren mikroskopischen Projektionsapparaten an: derselbe besteht aus einer Wasserflasche mit planparallelen Wänden, die unter dem Objekttisch befestigt wird, aber mit ihrer in der Mitte verdickten Vorderseite durch die Öffnung des Objekttisches hindurchragt, so dass das Präparat direkt auf der Flasche aufliegt. Auch durch diese Flasche wird die grosse Absorptionsküvette nicht überflüssig; sie kann nur schmaler gewählt werden.

Handelt es sich um Projektion mit Hilfe von ganz schwachen Objektiven (etwa 20 bis 100 mm Brennweite), so wird der Abbesche Beleuchtungsapparat abgenommen und an seine Stelle eine einfache Sammellinse gebracht. Bei ganz schwachen Objektiven wird stets ohne Projektionsokular projiziert. Wir raten jedoch, auch bei den stärkeren Objektiven das Okuler fortzulassen, weil einerseits durch die stärkere Linearvergrösserung, andererseits durch die unvermeidlichen Lichtverluste im Okular (Absorption und Reflexion) das projizierte Bild an Helligkeit einbüsst. Ausserdem engen die Okulare das Gesichtsfeld ein. Völlig bedeutungslos ist, dass man mit dem Okular grössere Schärfe erzielt, denn bei dem erheblichen Abstande des weissen Schirms bleiben die Unterschiede in der Bildschärfe für den Zuschauer meist unterhalb der Grenze der Wahrnehmung.

Von grösster Wichtigkeit für die Klarheit des Bildes ist, dass der Mikroskoptubus die nötige Weite hat, damit Reflexe an den Tubuswänden vermieden werden. Allen Anforderungen nach dieser Richtung hin genügen bis jetzt nur die Tuben des grossen mikrophotographischen Stativs von Zeiss (Fig. 63). Sind Reflexe vorhanden, so lassen sich dieselben (z. B. durch Blenden im Tubus) schwer beseitigen; am zweckmässigsten ist es dann, man wendet die Sehfeldblende[1]) an, durch welche sich ohne Lichtverluste das Gesichtsfeld derart einengen lässt, dass Reflexe an den Tubuswänden nicht mehr entstehen. Bei Benutzung ganz schwacher Objektive ist zur Einengung des Gesichtsfeldes eine genügend kleine Blende unmittelbar unter dem Präparat anzubringen.

Von ganz schwachen Objektiven sind für die mikroskopische Projektion am meisten geeignet die Mikroplanare von Zeiss, weil sie grosse Lichtstärke mit vorzüglichster Ebenheit des Bildfeldes verbinden. Gutes leisten auch die Projektionsobjektive von E. Leitz, R. Winkel und E. Hartnack. Für stärkere Objektivvergrösserungen wähle man nicht die kostbaren Apochromate, weil sie durch die Projektion unnötig gefährdet werden und die durch sie gebotenen Vorteile (Aufhebung des sekundären Spektrums; Freiheit von Fokusdifferenz)

[1]) Neuhauss, Lehrbuch der Mikrophotographie, S. 132.

auf dem weissen Schirm nichtzur Geltung kommen. Für die Projektion reichen die gewöhnlichen Mikroskopobjektive vollständig aus.

Um die vorhandene Lichtmenge nach Möglichkeit auszunutzen, nehme man für den weissen Schirm ein gut reflektierendes Material. Näheres hierüber in dem Abschnitte über den weissen Schirm.

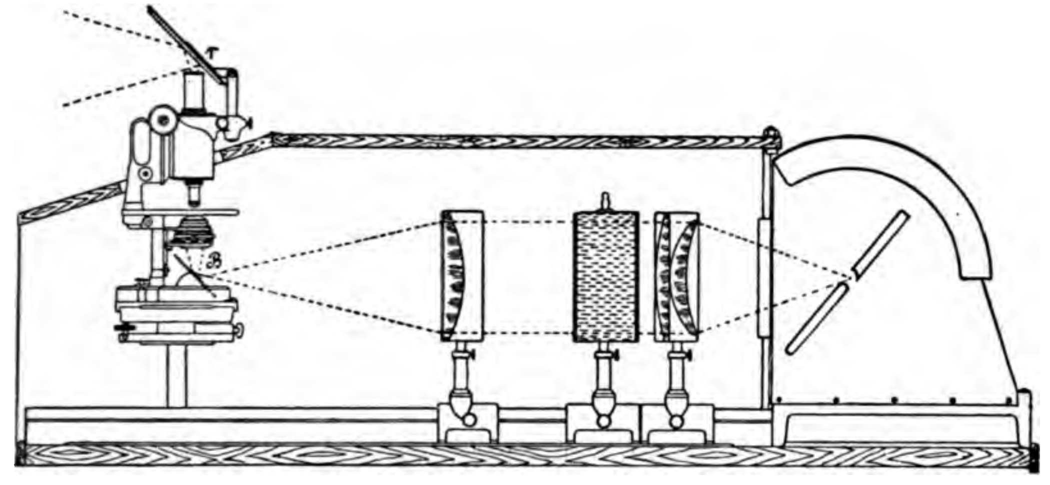


Fig. 64.

Fig. 64 veranschaulicht die Anordnung des Apparates, wenn es sich um Projektion von Präparaten handelt, die in wagerechter Lage verbleiben müssen. Das Mikroskop steht aufrecht auf kleinem, in der Höhe verstellbarem Untersatz. Die vom Kondensor kommenden Strahlen werden mittels des Spiegels *B*

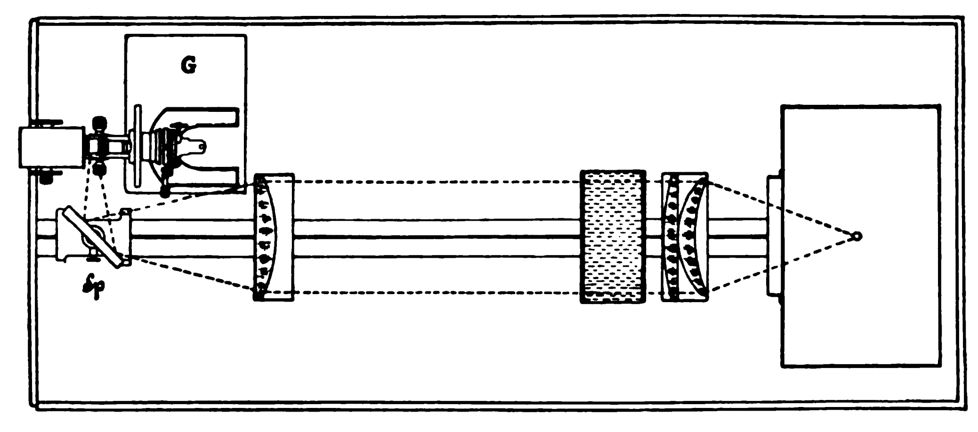


Fig. 65.

durch den Abbeschen Beleuchtungsapparat nach dem Präparat geleitet. Der Spiegel *r* reflektiert die aus dem Okular austretenden Strahlen (man wird auch hier lieber ohne Okular projizieren) nach dem weissen Schirm.

Fig. 65 (Ansicht von oben) giebt die Anordnung bei Projektion undurchsichtiger Gegenstände (z. B. Metallschliffe): Um die Bahn für die Strahlen frei zu machen, ist das Mikroskop auf dem verschiebbaren Grundbrette *G* bei-

seite geschoben. Durch den Spiegel *Sp* werden nun die vom Kondensor kommenden Strahlen nach einer kleinen Öffnung im Tubus oberhalb des Objektivs geleitet und daselbst durch ein Prisma[1]) so gebrochen, dass sie auf das Präparat gelangen. Von dort reflektiert passieren sie abermals das Objektiv und laufen nun vor dem Prisma vorbei auf den weissen Schirm. Benutzt man ganz schwache Objektive mit grossem Arbeitsabstande, so kann man durch Drehung des Spiegels *Sp* die Strahlen auch direkt auf die Oberfläche des undurchsichtigen Objektes leiten. Die bei diesem Verfahren besonders grossen Lichtverluste nötigen zur Einschränkung der Grösse des projizierten Bildes.

Viel Freude wird man bei direkter Projektion mikroskopischer Präparate niemals erleben. Abgesehen von der nicht ausreichenden Helligkeit macht das viel Zeit beanspruchende Aufsuchen der richtigen Stelle des Präparates —

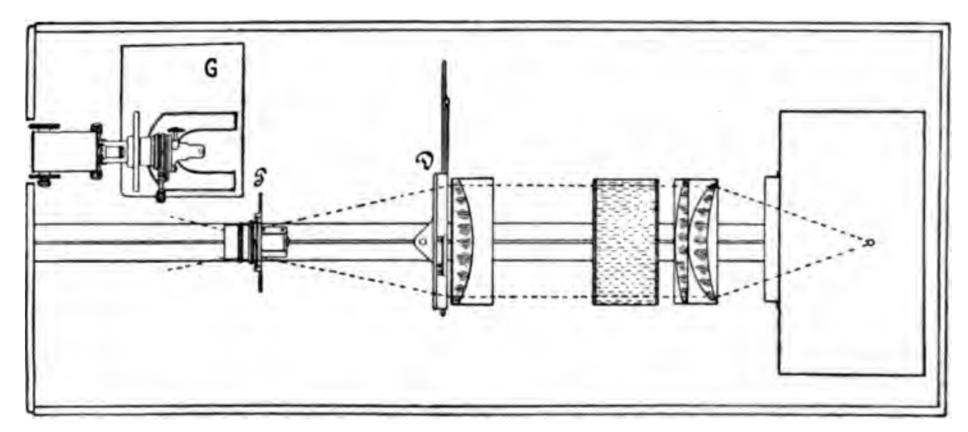


Fig. 66.

besonders bei starken Objektiven — auf die Zuschauer einen beklemmenden Eindruck. Um das Aufsuchen der zu projizierenden Stelle nach Möglichkeit zu erleichtern, muss der Objekttisch mit einem „Sucher" ausgestattet sein.

Verhältnismässig einfach bleibt die Sache, so lange man mit demselben Objektiv projiziert. Wird es jedoch notwendig, die Objektive und damit auch die Beleuchtungsapparate auszuwechseln, immer wieder von neuem zu zentrieren, Reflexe zu beseitigen u. s. w., so verlieren die Zuschauer bald die Geduld, mit zunehmender Unruhe im Saale verliert auch der Projizierende die Ruhe, und die Sache geht in die Brüche.

Wenn irgend möglich, fertige man daher eine mikrophotographische Aufnahme, stelle nach derselben ein Diapositiv her und projiziere dasselbe mit Hilfe eines gewöhnlichen Projektionsapparates.

Zweckmässig ist es, wenn jeder Apparat für mikroskopische Projektion so eingerichtet wird, dass man ihn leicht in einen solchen für makroskopische Projektion umwandeln kann: das Grundbrett *G* (Fig. 66, Ansicht von oben), auf welchem das Mikroskop befestigt ist, wird zur Seite geschoben und der

[1]) Neuhauss, Lehrbuch der Mikrophotographie, II. Aufl., S. 142.

Diapositivträger *D* nebst dem Träger *P* für das Projektionsobjektiv auf die optische Bank gesetzt. Mit dieser Vorrichtung kann man ohne nennenswerte Unterbrechung Diapositive und mikroskopische Präparate vorführen.

Am besten eignen sich für mikroskopische Projektion kräftig gefärbte Präparate. Mit ungefärbten Objekten verschwende man keine Zeit.

Wenn es sich um Anschaffung einer Einrichtung für mikroskopische Projektion handelt, so berücksichtige man nur Firmen, welche auf diesem Gebiete Erfahrung haben. Anderenfalls würde das Geld für unbrauchbaren Kram verausgabt. Ausgedehnte Erfahrungen auf dem Gebiete der mikroskopischen Projektion besitzen C. Zeiss (Jena), E. Leitz (Wetzlar), Schmidt u. Haensch (Berlin), R. Winkel (Göttingen), welch letzterer im Verein mit Ernst Rudolph die von Behrens[1]) empfohlene Einrichtung herstellt, und S. Plössl u. Co. (Wien). Die Figuren 63 bis 66 stellen die Anordnung dar, welche Zeiss seinen Apparaten giebt.

Apparate für die Reise.

Wenn wir den Apparaten für die Reise einen besonderen Abschnitt widmen, so geschieht dies nicht, weil es sich hier um eigenartige Konstruktionen handelt. Je nach den Absichten des reisenden Projektionskünstlers werden die mitzuführenden Apparate verschieden gestaltet sein; immer aber wird möglichste Raumbeschränkung ein Haupterfordernis bleiben. Gerade in letzterer Beziehung hält es ausserordentlich schwer, den deutschen Fabrikanten Logik beizubringen; in Bezug auf Ausnutzung des vorhandenen Raumes können dieselben noch viel hinzulernen. Wir sahen Reiseausrüstungen, die einen unscheinbaren Apparat enthielten, aber in einem Kasten untergebracht waren, dessen Transport die Arme von zwei kräftigen Männern erfordert. Wer Projektionsreisen unternimmt, wird es stets als Annehmlichkeit empfinden, den Apparat auf der Bahn mit in den Wagenabteil nehmen zu können. Man ist dann sicher, dass das notwendigste Stück der Ausrüstung zugleich mit dem Reisenden am Reiseziel ankommt und nicht unterwegs in einen falschen Gepäckwagen gerät. Auch muss die Schutzhülle des Apparates kräftiger und daher schwerer gebaut sein, wenn man denselben dem Gepäckwagen anvertrauen will.

Gänzlich verfehlt wäre es, mit Rücksicht auf Raumbeschränkung einen ungenügend kleinen Apparat zu wählen. Apparate mit Kondensoren von 16 cm Durchmesser und ausreichend grossem Gehäuse lassen sich ohne weiteres in einer Umhüllung unterbringen, die als Handkoffer in jedem Wagenabteil mitgeführt werden kann. Unerlässlich notwendig ist dann allerdings, dass die Verbindung zwischen Kondensor und Objektiv nicht aus einem starren Rohr, sondern aus einem zusammenlegbaren Lederbalgen besteht (s. Fig. 5, S. 6).

---

[1]) Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie, Bd. 15, 1898, S. 7 bis 23 und Bd. 16, 1899, S. 183 bis 195.

Im Innern des Gehäuses wird ausser der Lampe, die am Boden festschraubbar sein muss, noch kleines, leichtes Gerät, mitunter auch das Objektiv, Platz finden.

Hohe Schornsteine, die sich nicht zusammenlegen lassen, sind zu vermeiden. Übrigens haben dieselben nur bei Petroleum- und Auerlicht Wert. Mit diesen beiden Lichtquellen wird sich aber kein Mensch auf Projektionsreisen begeben. Wer öffentlich seine Kunst zeigen will, bleibt auf Kalklicht oder elektrisches Bogenlicht angewiesen. Hier genügen ganz kurze Abzugsrohre für die heisse Luft (Fig. 5). Auch diese kurzen Abzugsrohre müssen sich bei Reiseapparaten abnehmen und innerhalb des Gehäuses unterbringen lassen, damit der Transportkasten nicht unnötig hoch wird.

Als Umhüllung des Apparates sind Holzkästen wegen des Gewichtes zu vermeiden. Am leichtesten ist ein aus einem Stück gearbeiteter Koffer aus dickem Leder, in welchen man den zusammengelegten Apparat mit Hilfe eines denselben umschlingenden Riemens von oben hineingleiten lässt. Derartige Koffer sind jedoch nicht billig (20 bis 30 Mk.). Wir bevorzugen daher einen Kasten aus starkem Weissblech, der überdies den Vorzug besitzt, dass er den Apparat besser schützt und gelegentlich bei der Projektion als Untersatz benutzt werden kann. Dieser Blechkasten muss so gearbeitet sein, dass der Apparat eben hineinpasst, ohne zu schlottern. Nur dann ist durch gegenseitiges Anschliessen der Wände ausreichende Stossfestigkeit gesichert. Der Deckel des Kastens muss abnehmbar sein, weil die Scharniere eines Klappdeckels nicht auf die Dauer halten. Der mit einem Riemen umschlungene Apparat wird von oben in den Kasten hineingesenkt. Letzterer ist dann durch einen haltbaren, gleichzeitig zum Tragen dienenden Riemen zu verschliessen, welcher an den Schmalseiten des Kastens durch zwei Ösen läuft. Die Diapositive und sonst zur Projektion notwendigen kleinen Gegenstände, ebenso wie die Schieberahmen, für die wegen ihrer Länge im Apparatkasten der Regel nach kein Platz ist, werden in einer besonderen Tasche untergebracht. Nutenkästen empfehlen wir für die Reise nicht, da sie zu viel Raum einnehmen. Am besten sind während der Reise die Diapositive in Schachteln aufgehoben, in denen man die Platten kauft. Es empfiehlt sich, diese Schachteln vom Buchbinder mit Papier auskleben zu lassen, da sich von der rohen Pappe kleine Partikelchen loslösen, die sich am Glase festsetzen und im projizierten Bilde als schwarze Flecke erscheinen.

Einen weissen Vorhang auf die Reise mitzunehmen ist wenig empfehlenswert, da derselbe mit dem zusammenlegbaren Gestell (Fig. 45, S. 76) erhebliches Gewicht hat und viel Ranm einnimmt. Ein weisser Vorhang lässt sich schliesslich an Ort und Stelle durch zusammengenähte Leinwand (unter Umständen mit aufgeklebtem weissen Papier) improvisieren. Übrigens findet man in den meisten Städten einen brauchbaren weissen Schirm vor, auch wenn sonst weiter nichts vorhanden ist, was sich auf Projektion bezieht.

Will man mit Kalklicht projizieren, so sind die kleinen, 250 Liter Sauerstoff fassenden Bomben empfehlenswert, die in jeder Reisehandtasche unterzubringen sind und genügend Sauerstoff für drei- bis vierstündige Projektion enthalten.

III. Teil.

Allgemeine Regeln.

Bei Aufstellung des Apparates wird darin viel gesündigt, dass man für eine erhebliche Anzahl der besten Mittelplätze des Saales durch den Apparat die Aussicht nach dem weissen Schirm hin verbaut. Dass man diesen Übelstand durch Benutzung von Projektionsobjektiven mit möglichst langer Brennweite einschränken kann, bemerkten wir bereits.

Das Verbauen der Aussicht hat der Regel nach seinen Hauptgrund darin, dass man von der falschen Voraussetzung ausgeht, das Projektionsobjektiv müsse sich in gleicher Höhe befinden, wie die Mitte des weissen Schirms. Daher werden hohe, wackelige Gestelle aufgetürmt, dessen Spitze der Projizierende mit dem Apparat erklimmt. Selbst bei geringfügigen Bewegungen schwankt dann das Bild auf dem weissen Schirm hin und her.

Man kann den Apparat mitten im Saale auf einem mässig hohen Tisch anbringen und ihn vorn so stark in die Höhe richten, dass das Bild mitten auf den Vorhang fällt. Dabei ist keineswegs notwendig, den Vorhang nach vornüber zu neigen, denn die Schärfe des Bildes bleibt auch bei senkrecht stehendem Vorhang ausreichend.

Der Vortragende wird in der Regel vor dem weissen Schirm Aufstellung nehmen. Es ist jedoch auch gut durchführbar, neben dem Apparate stehend den Vortrag zu halten und dabei gleichzeitig das Auswechseln der Bilder zu besorgen. Wer es liebt, aus dem Stegreif zu sprechen, wird diese Art der Vorführung bevorzugen, weil man sich dann, während ein Bild gezeigt wird, über das nächstfolgende unterrichten kann. Allerdings erfordert diese Methode einige Umsicht und Übung; doch wirkt ein solcher Vortrag viel lebendiger, als wenn man neben dem Vorhange stehend die Rede abliest oder bei freiem Vortrage immer erst das Erscheinen des nächsten Bildes abwarten muss, bevor man die Worte findet. Und nun die leidigen Irrtümer in der Reihenfolge der Bilder! Besorgt man das Einstecken in den Rahmen selbst, so bemerkt man Fehler in der Reihenfolge beizeiten und nicht erst, wenn man mit verblüfftem Gesicht vor dem falschen Bilde steht.

Dass Irrtümer in der Reihenfolge und im richtigen Einstecken der Bilder fast bei keiner Projektion ausbleiben, hat seinen Grund einerseits in dem ungleichmässigen Bezeichnen der Diapositive, über welches wir in dem Abschnitte über das Glasbild sprachen, andererseits in dem Eifer der lieben

Freunde des Vortragenden, welche vor Beginn der Vorstellung schnell noch einige von den Glasbildern besichtigen und ihr Urteil darüber abgeben wollen. Einem Vertauschen der Reihenfolge kann man dadurch vorbeugen, dass man, sobald die Diapositive bereit gestellt sind, über die Oberkanten derselben einen schrägen, weissen Strich zieht. Man merkt dann sofort, wenn nachträgliches Vertauschen stattfand.

Leider sprechen die wenigsten Vortragenden frei. Handelt es sich um Vorführung einer Bilderreihe, die man nicht selbst aufgenommen hat, so bleiben ausführliche schriftliche Notizen unerlässlich. Anders jedoch, wenn eigene Aufnahmen vorgeführt werden, mit deren Herstellung man sich wochenlang abquälte und die man daher zur Genüge kennt. Und dennoch trauen sich die Wenigsten zu, über dieselben ein freies Wort zu reden!

Durch Herunterbeugen des Kopfes beim Ablesen des Vortrages wird, zumal in grossen Sälen, die Verständlichkeit ungemein beeinträchtigt. Während ein frei und frisch herausgesprochenes Wort bis in die entlegensten Winkel des Saales verständlich bleibt, wird der Vortragende, welcher abliest, schon auf den vorderen Reihen nicht mehr verstanden. Bedient der Vortragende den mitten im Saale stehenden Apparat selbst, so kann es sich ereignen, dass, wenn die Stimme nach dem Vorhange hin gerichtet ist, die hinter dem Apparate Sitzenden wenig hören. In diesem Falle thut man gut, nach oben hin zu sprechen. Die Schallwellen verteilen sich dann im Saale gleichmässiger.

Eine häufig beobachtete Ungeschicklichkeit des vor dem Vorhange stehenden Vortragenden ist, beim Demonstrieren bestimmter, auf dem Bilde dargestellter Gegenstände den Zuschauern den Rücken zuzukehren und nach dem Vorhange hin zu sprechen. Dann ist die Akustik ganz schlecht.

Beim Ablesen des Vortrages stört fernerhin die Leselampe, welche ihr mattes Licht teils auf das Manuskript, teils auf den weissen Vorhang wirft.

Die schönsten Bilder machen keinen Eindruck, wenn der Vortrag kläglich ist. Jedoch ist keineswegs eine wohlgesetzte, abgelesene oder auswendig gelernte Rede nötig. Im Gegenteil. Eine solche kann in hohem Grade einschläfernd wirken, während das lebendige, freie Wort anregt. Durch freie Rede kann man bei mangelhaften Bildern die Vorführung zu einer Glanzleistung machen. Wer mit treffendem Witz gelegentlich erheiternde Bemerkungen einfliessen lässt, wird stets ein dankbares Publikum finden, während abgelesene Witze abstossen.

Verbleibt der Apparat nicht dauernd an seinem Platze, so ist der Projektionsstativschrank empfehlenswert, den die Firma Liesegang (Düsseldorf) in den Handel bringt (Preis 60 Mk.). Ungefähr 1,5 m hoch ist das Oberbrett des Schrankes neigbar eingerichtet, damit der oben aufgestellte Apparat sein Licht schräg nach oben senden kann. Die aufgeklappte Thür dient als Lesepult für den Vortragenden. Über dem Pult ist eine kleine Lampe angebracht. Nach beendigter Vorstellung wird alles innerhalb des Schrankes verpackt und derselbe mittels der Rollen, auf denen er ruht, in die Ecke geschoben. So bleibt der Apparat aufs beste gegen Staub und neugierige Hände geschützt.

Bedient der Vortragende den Apparat nicht selbst, so muss er für jeden Bildwechsel ein Zeichen nach dem Apparate hin geben. Das hierfür beliebte Aufstampfen mit dem Fusse oder Aufschlagen mit dem Stock giebt zwar ein genügend lautes Zeichen, um im ganzen Saale gehört zu werden, macht aber auf die Zuhörer einen nichts weniger als angenehmen Eindruck. Verwerflich sind überhaupt alle Zeichen, von denen der Zuschauer etwas wahrnimmt. Man muss den Eindruck haben, als ob Apparat und Vortragender in unsichtbarem Zusammenhange stehen. Das beste Signal bleibt daher ein neben dem Apparat befindlicher, elektrischer Anschlag, aber nicht auf eine Klingel, sondern auf ein Stück Holz; bei Druck auf den Knopf darf nur einmaliger Anschlag erfolgen, nicht etwa ein länger andauerndes, schnarrendes Geräusch. Das einmalige Klopfen genügt für denjenigen vollständig, welcher den Apparat bedient, ohne gleichzeitig von den Zuschauern gehört zu werden.

Weniger empfehlenswert sind optische Signale, wie das Aufleuchten einer kleinen roten Scheibe an der Leselampe. Der den Apparat Bedienende hat wohl seine Ohren, aber nicht seine Augen frei; er muss seine ganze Aufmerksamkeit auf die Bilder lenken und wird das Aufleuchten der roten Scheibe meist übersehen oder erst bemerken, wenn die Zuschauer ihn darauf aufmerksam machen.

Über den Wechselmechanismus Velotrop (Fig. 28), welcher es dem fern vom Apparate stehenden Vortragenden gestattet, durch einen Druck auf die Gummibirne das Auswechseln der Bilder zu besorgen, sprachen wir auf S. 30.

Mindestens ebenso wichtig wie gute Zeichengebung nach dem Apparate hin ist eine solche für die Beleuchtungsvorrichtung des Saales. Wer es erlebte, dass bei mehrmaligen Unterbrechungen des Projektionsvortrages immer erst durch den Saal gebrüllt werden musste: „Hell“, „dunkel“ (ein Ruf, in den dann ein Teil des Publikums mit einstimmte), wird eine lautlose Verständigung nach dem Gashaupthahn oder nach den Ausschaltern der elektrischen Saalbeleuchtung als recht wünschenswert erachten. Bleibt der Apparat dauernd an seinem Platze und handelt es sich um elektrische Beleuchtung des Saales, so sollte unter allen Umständen ein Gesamtausschalter neben dem Apparate oder am Platze des Vortragenden angebracht werden.

Sind nur wenige Bilder vorzuführen und projiziert man mit elektrischem Bogenlicht, so braucht man den Saal während der Projektion überhaupt nicht zu verdunkeln. Bei tadellos klaren Diapositiven und günstigster Ausnutzung der Lichtquelle sind die Bilder auf dem weissen Schirm selbst bei hellem Saale vorzüglich erkennbar.

Nicht selten ereignet es sich, dass die prächtigsten Bilder kläglich wirken. sie sind trübe und flau, und es treten merkwürdige Schattierungen auf. Man hört den Ruf: „Schärfer einstellen“, aber trotz allen Einstellens wird die Sache nicht besser. So geht es eine ganze Weile, und wenn vielleicht die Hälfte der Bilder projiziert und dem Vortragenden gründlich die Laune verdorben ist, bequemen sich die Diapositive endlich dazu, auf dem weissen Schirm im vollen Glanze zu strahlen. Was ist geschehen? Die Bilder sind beschlagen. Man hat sie bei Frost transportiert und sie dann in verschlossenen Kästen

in einem kalten Raume aufbewahrt, damit im Saale nicht unbefugte Hände sich mit ihnen zu schaffen machen. Steckt man die kalten Bilder nun in den angewärmten Apparat, so beschlagen sie sofort und geben zu der beschriebenen Erscheinung Veranlassung. Man sorge daher stets dafür, dass die Bilder bei Beginn der Projektion genügend durchwärmt sind.

Ebenso unangenehm ist das Beschlagen der Kondensoren, wenn der Apparat ohne genügende Vorwärmung in Thätigkeit gesetzt wird. Das Beschlagen der Kondensoren macht sich dadurch bemerkbar, dass bei den projizierten Bildern immer auf derselben Stelle wolkenartige Schatten auftreten; dies kann auch bei gut vorgewärmten Kondensoren geschehen, wenn man die Absorptionsküvette unvorsichtig einsetzt, so dass etwas Flüssigkeit überläuft und dann bei zunehmender Erwärmung verdampft.

Welche Zahl von Diapositiven ist für einen gut abgerundeten, den Abend füllenden Projektionsvortrag notwendig? 100 bis 120. Wir sprechen nicht von solchen Vorträgen, wo nur zur Erläuterung des Gesagten einige Bilder vorgeführt werden; hierbei sind stets die jeweiligen Verhältnisse maassgebend. Bleibt jedoch Vorführung der Bilder die Hauptsache, so werden 100 bis 120 Diapositive den Abend reichlich füllen, ohne den Zuschauer zu ermüden. Eine grössere Zahl von Bildern (180 bis 200) dürfen nur Vortragende projizieren, welche die Sache vollständig beherrschen und besonders gegen das Ende hin durch zündende Worte der eintretenden Abspannung entgegenwirken. In einem solchen Falle muss man ab und zu eine grössere Reihe von Bildern, bei denen tieferes Eindringen in die Einzelheiten nicht nötig ist, sondern die vielmehr durch ihren Gesamteindruck wirken, schnell vorüberziehen lassen. Freilich ist es dann nötig, dass der Vortragende mit demjenigen, welcher den Apparat bedient, gut eingearbeitet ist. Nichts macht einen kläglicheren Eindruck, als wenn derjenige, der die Bilder einsteckt, mit dem Vortragenden nicht gleichen Schritt halten kann und letzterer dann anfängt, ungeduldig zu werden. Störungen im schnellen Einstecken der Bilder sind zumeist auf Rechnung des Verfertigers der Bilder zu setzen: entweder sind die Diapositive zu dick, so dass sie sich im Schieberahmen festklemmen, oder sie sind nicht mit genügender Bezeichnung versehen, so dass verkehrtes Einstecken unausbleiblich ist.

Die Vorschrift, jedes Bild eine bestimmte Zahl von Sekunden (45 bis 60) im Schieberahmen zu belassen, ist wiederholt von Theoretikern gegeben, die sich am grünen Tische alles zurechtlegen, ohne ins praktische Leben hineinzugreifen. Allgemeine Vorschriften dieser Art sind unmöglich, und gleichmässig langes Verweilen der Bilder auf dem weissen Schirm wirkt ermüdend.

Nicht wenige Redner lassen zuerst einen unendlich langen Vortrag vom Stapel, und wenn die Zuhörer dann gründlich ermattet sind, verkünden sie, dass sie wegen vorgerückter Zeit die mitgebrachten Bilder nur ganz flüchtig vorzeigen können. Wer sich die Gunst des Publikums verscherzen will, wähle diesen Weg. Jeder wartet ungeduldig auf das Erscheinen des ersten Bildes, und dem Vortrage wird keine Aufmerksamkeit geschenkt. Alles was der Redner vor Beginn der eigentlichen Projektion sagte, hätte er auch sagen können, während die Bilder auf dem weissen Schirm stehen.

Die Projektion wird gegenwärtig der Hauptsache nach von Vereinen, insbesondere von photographischen Amateurvereinen, ausgeübt. Während die Vereinsmitglieder sich häufig darauf beschränken, ihre Bilder im kleinen Kreise vorzuführen, sucht man dann ab und zu auch vor die breite Öffentlichkeit zu treten, um weitere Kreise für den Verein zu interessieren. Es ist eine noch lange nicht genügend gewürdigte Thatsache, dass es kein besseres Mittel für das Emporblühen eines Vereins giebt, als häufige Veranstaltung öffentlicher Projektionen. Die Fülle des Stoffes zur Unterhaltung und Belehrung ist so unendlich gross, dass hierdurch immer wieder die allergrösste Anziehungskraft auf weite Kreise ausgeübt wird. Die entstehenden Ausgaben werden reichlich durch den Zuwachs an Mitgliedern gedeckt, und der Verein kommt unter allen Umständen auf seine Kosten.

Allerdings ist hierbei Vorbedingung, dass dem Publikum etwas Gutes geboten wird. Bei jungen Vereinen, deren Mitglieder erst zur Projektion zu erziehen sind, kommen daher als Vortragende zunächst nur solche in Frage, die auf diesem Gebiete erfahrungsgemäss Gutes leisten. Es währt dann nicht lange, bis im Verein selbst ein brauchbarer Stamm von Vortragenden herangebildet ist, und sobald erst das Rad ins Rollen kam, rollt es unaufhaltsam weiter.

Da besonders in kleineren Städten nicht immer genügendes Bildermaterial zu beschaffen ist, um in jedem Winter eine Reihe von Projektionsabenden veranstalten zu können, wurden wiederholt Versuche unternommen, Verbände zum gegenseitigen Austausch von Diapositiven ins Leben zu rufen. Dergleichen Unternehmungen sind bisher stets gescheitert. Hundertmal hörten wir von solchen, die im Besitze wertvoller Diapositive sind, den Ausspruch, dass sie bereit sind, ihre Bilder auch anderweitig zu zeigen, dass sie dieselben jedoch unter keinen Umständen aus der Hand geben, einerseits, weil die Bilder durch den Transport und die Projektion gefährdet werden, andererseits, weil die Wirkung verloren geht, wenn ein anderer den Vortrag abliest. Aus diesem Grunde kamen bisher fast ausnahmslos minderwertige Bilder zum Austausch, die das Interesse an der Projektion nicht fördern.

Einzelne Geschäftsleute nahmen die Verleihung von Projektionsbildern nebst zugehörigen Vorträgen in die Hand. Wo auf anderem Wege Bilder nicht zu beschaffen sind, wird man zu diesem Aushilfemittel greifen. Wir nennen die Firmen A. Krüss (Hamburg), E. Liesegang (Düsseldorf), Siegmund F. Meissl (Berlin), Fuhrmann (Berlin, Passage), Unger u. Hoffmann (Dresden). Bemerkenswert sind die von Liesegang herausgegebenen, zu den Bildern gehörigen, gedruckten Projektionsvorträge aus der Kunstgeschichte, verfasst von Dr. B. Daun.

Bilder fremder Herkunft ohne erklärende Worte vorzuführen, ist zu widerraten. Die besten und gehaltvollsten Aufnahmen bleiben hierbei ohne Wirkung.

In Frankreich, England und Amerika ist das Verleihen dem Unterrichte dienender Projektionsbilder vom Staate und von gemeinnützigen Gesellschaften organisiert. Allein das pädagogische Museum zu Paris verlieh im Jahre 1898 zu 47453 Vorträgen in Schulen und Vereinen die Bilder. Bei uns geschah

auf diesem Gebiete bisher noch nichts. Dass der Projektionsapparat ein treffliches Hilfsmittel für den Unterricht ist, wird allseitig anerkannt.

Unternimmt man es, anderwärts zu projizieren, so bleibt die erste Frage: „Ist der vorhandene Projektionsapparat ausreichend?“ Man erhält auf briefliche Anfragen die heiligsten Versicherungen, dass alles in bester Ordnung, der Apparat und das zugehörige Publikum schon von verschiedenen grossen Männern benutzt sei und der Erfolg über jedem Zweifel stehe. Packt man nun wohlgemut seine 9 × 12-Diapositive in den Koffer, so ist die erste bittere Enttäuschung, dass der Apparat kaum für 8 × 8-Platten ausreicht, während derselbe angeblich stets für Vergrösserungen von 9 × 12-Platten benutzt ist. Statt der versprochenen Sauerstoffbombe erhält man die tröstliche Nachricht, dass der Chemiker X, welcher zugesagt habe, in einem Gasometer Sauerstoff bereit zu halten, erkrankt und sein Vertreter mit Herstellung des Gases nicht genau vertraut ist. Übrigens sei für alle Fälle eine wunderbare, zweidochtige Petroleumlampe vorhanden.

Wer diesen Überraschungen aus dem Wege gehen will, verlasse sich nicht auf Versprechungen, sondern nehme seinen eigenen Apparat mit auf die Reise (vergl. den Abschnitt über Reiseapparate).

Nicht wenige, die mit 100 Diapositiven im Kasten und einem wohl ausgearbeiteten Vortrage in der Tasche von Stadt zu Stadt ziehen und vor einem dankbaren Publikum reichen Beifall ernten, bilden sich ungeheuer viel auf ihre Leistung ein und werden von solchen angestaunt, die jedes Hervortreten vor die Öffentlichkeit schüchtern vermeiden. Das Projizieren gewöhnlicher Diapositive ist wirklich kein Kunststück, und sobald das anfängliche Lampenfieber überwunden ist, macht sich die Sache von selbst. Die Schwierigkeiten der Projektion beginnen erst, wenn man es unternimmt, den Zuschauern ein wenig mehr als gewöhnliche Glasbilder vorzuführen, z. B. Reihenbilder, stereoskopische Aufnahmen, Aufnahmen nach den verschiedenen Farbenverfahren, mikroskopische Präparate u. s. w. Dann wird man gewahr, dass die Kunst des Projizierens mit unendlicher Mühe und Geduld erlernt sein will.

Bezugsquellen.

1. Projektionsapparate der verschiedensten Art, insbesondere auch billige Apparate, nebst allem Znbehör für die Projektion: O. Anschütz (Berlin), Dr. A. Hesekiel u. Co. (Berlin), R. Talbot (Berlin), E. Pogade (Berlin), E. Liesegang (Düsseldorf), Müller u. Wetzig (Dresden), Unger u. Hoffmann (Dresden), E. Wünsche (Dresden), M. Petzold (Chemnitz), Lorenz (Chemnitz), Heinr. Dräger (Lübeck), Gebr. Mittelstrass (Magdeburg), R. Lechner (Wien), A. Moll (Wien).
2. Erstklassige Apparate für Projektion von Glasbildern, wissenschaftlichen Versuchen, mikroskopischen Präparaten u. s. w.: C. Zeiss (Jena), E. Leitz (Wetzlar), Schmidt u. Haensch (Berlin), Oehmke (Berlin), A. Krüss (Hamburg), Ernst Rudolph und R. Winkel (Göttingen), R. Fuess (Steglitz bei Berlin), S. Plössl u. Co. (Wien).
3. Apparate für Projektion von Reihenaufnahmen (ausser der Mehrzahl der unter 1. genannten Firmen): O. Messter (Berlin), Siegmund F. Meissl (Berlin).
4. Apparate zur Projektion nach dem Verfahren von Ives: Deutsche Kromoskopgesellschaft (Berlin).
5. Kondensoren: Gebr. Picht u. Co. (Rathenow), Rathenower optische Industrieanstalt, vorm. Emil Busch (Rathenow), G. Rodenstock (München).
6. Objektive: Alle optischen Institute, welche sich mit Herstellung photographischer Objektive befassen.
7. Diapositivplatten: Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation (Berlin), O. Perutz (München), Unger u. Hoffmann (Dresden), E. Liesegang (Düsseldorf).
8. Deckgläser für Diapositive: E. Leitz (Wetzlar), R. Talbot (Berlin).
9. Fertige Diapositive: E. Liesegang (Düsseldorf), Fuhrmann (Berlin), A. Krüss (Hamburg), Unger u. Hoffmann (Dresden), Siegmund F. Meissl (Berlin).
10. Diapositive mit stereoskopischer Wirkung: M. Petzold (Chemnitz).
11. Farbige Diapositive nach verschiedenen Verfahren (Joly, Selle, Lumière u.s.w.): Dr. A. Hesekiel u. Co. (Berlin).
12. Elektrische Selbstregulierlampen: Siemens u. Halske (Berlin), Elektricitäts-Aktiengesellschaft, vorm. Schuckert u. Co. (Nürnberg), Körting u. Mathiesen (Leutzsch-Leipzig).
13. Elektrische Handregulierlampen: O. Anschütz (Berlin), Dr. A. Hesekiel u. Co. (Berlin), Siegmund F. Meissl (Berlin), Oehmke (Berlin), E. Liesegang (Düsseldorf), Unger u. Hoffmann (Dresden), Körting u. Mathiesen (Leutzsch-Leipzig), Ernst Rudolph (Göttingen), R. Lechner (Wien).
14. Komprimierter Sauerstoff: Sauerstofffabrik, Ges. m. b. H., vorm. Dr. Th. Elkan (Berlin), Kohlensäurewerke C. G. Rommenhöller, Akt.-Ges. (Berlin).
15. Komprimierter Wasserstoff: Sauerstofffabrik, Ges. m. b. H., vorm. Dr. Th. Elkan (Berlin).
16. Scheiben aus Hartglas zum Schutze der Kondensoren: Fr. Siemens (Dresden), Schmidt u. Haensch (Berlin).
17. Stoff zu weissen Vorhängen: Chr. George (Berlin, Breitestr. 25).

Nachtrag.

In dem Abschnitte über den Bildträger ist auf S. 31 nachfolgendes einzuschieben: Zu den Einseitbildhaltern gehört auch die Vorrichtung, welche Friedr. Müller in der „Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie und für mikroskopische Technik“ (Bd. 17, S. 103) beschreibt. An Stelle des Bildschiebers benutzt Müller eine in der Bildbühne angebrachte drehbare Scheibe, in welcher sich vier kreisrunde Ausschnitte befinden, genau entsprechend den Ausschnitten, wie sie auf dem Schieber von Behrens (Fig. 27, S. 29) vorhanden sind. In diese vier Ausschnitte sind drehbar vier kleine, kreisrunde Scheiben mit rechteckigen Ausschnitten, welche den verschiedenen Diapositivformaten entsprechen, eingesetzt. Durch Drehbarkeit der kleinen Scheiben nach der von Behrens angegebenen Art (Fig. 27) kann jeder Ausschnitt für Hoch- und Querformat eingestellt werden. Auf der grossen Scheibe haben also vier Diapositive verschiedenen Formates gleichzeitig Platz, von denen jedes einzelne sowohl für Hoch- wie für Querlage eingestellt werden kann. Beim Auswechseln der Bilder braucht man nicht über den Apparat hinwegzulangen, weil bei Drehung der grossen Scheibe die Bilder auf derselben Seite, auf der sie eingesteckt wurden, wieder zum Vorschein kommen.

In dem Abschnitte über stereoskopische Projektion ist auf S. 94 nachfolgendes einzuschieben: Um mit Sicherheit in ununterbrochener Folge das Verschliessen und Öffnen der Objektive und das gleichzeitige Bedecken und Freimachen des entsprechenden Auges herbeizuführen, konstruierte E. Doyen (Paris) einen elektrischen Augenschalter, welcher an Stelle der auf S. 94 beschriebenen, mit Ausschnitten versehenen, kreisenden Scheibe angewendet wird. Doyen nahm auf diese Vorrichtung ein Patent (D. R. P. Nr. 115668). Das rechte und linke Sehloch des Augenschalters wird abwechselnd (und zwar gleichzeitig mit dem Verschliessen des entsprechenden Projektionsobjektivs) unter Zuhilfenahme kleiner Elektromagnete durch eine Klappe verschlossen. In Bezug auf die genaue Beschreibung der Vorrichtung müssen wir auf die Patentschrift verweisen. Das von jedem einzelnen Zuschauer zu benutzende, brillenartige Instrument ist durch Leitungsdrähte mit der Batterie und dem an den Objektiven angebrachten Verschluss verbunden. Man stelle sich das Gewirr von Drähten vor, wenn die Projektion bei Anwesenheit von etwa 100 Personen erfolgt!

Namen- und Sachverzeichnis.

Rathenower Optische Industrie-Anstalt

vorm. Emil Busch, A.-G.

BEGRÜNDET 1800. **Rathenow.** BEGRÜNDET 1800.

Fabrik- Marke.

Achromatische Doppel-Objective

für Projection und Vergrösserung.

Projections-Objectiv-Satz Modell V.

Kinematograph-Objective.

Busch's Kinematoskop

für Aufnahme und Projection an Kinematograph-Apparaten.

Zwei- und Drei-Linsen-Condensors

in Patent-Fassung [D. R. G. M. No. 142906].

—— Man verlange Catalog. ——



R. FUESS,

mechanisch-optische Werkstätte,
Steglitz bei Berlin.

Neue mikro-photogr. Camera

(D. R. G. M.).

Preis für Format 7×7 kompl. . . . . . . Mk. **30,—**
„ „ 9×12 „ . . . . „ **40,—**.
Gewicht der Camera 7×7 mit gefüllt. Doppelcassette 160 g.
(Diese Camera ist bereits nach vielen Hunderten in wissenschaftlichen Kreisen verbreitet.)

Projections-Apparate und optische Bänke

für alle Darstellungen

mit elektrischem Bogen- und Glühlicht, Zirkon- und Kalklicht, Gasglühlicht, Petroleumlicht.

Reichhaltigster Catalog auf diesem Gebiet kostenlos.

Eine zusammenfassende Beschreibung aller meiner optischen Apparate ist in der im Verlage von W. Engelmann, Leipzig, 1899 erschienenen Schrift „Die optischen Instrumente der Firma R. Fuess, deren Beschreibung, Justierung und Anwendung von C. Leiss“ gegeben.

Schippang-Platten

hochempfindlich, für jede Art Aufnahmen.

Diapositiv- und Chlorsilber-Platten

anerkannt vorzüglich

aus eigener Fabrik.

Photographische Apparate

in reicher Auswahl, sowie sämmtliche

Bedarfsartikel für Photographie.

Illustrirte Preislisten portofrei!

J. F. SCHIPPANG & Co.

(Inhaber: E. MARTINI)

BERLIN S., Prinzenstrasse 24.

Export. Gegründet 1860. **Export.**

Für

Projections-Artikel

Laternbilder

Liesegang!

Verlangen Sie Cataloge!

Ed. Liesegang, Düsseldorf,

Gegründet 1854. **Sciopticonfabrik, Laternbilder-Atelier.** Gegründet 1854.

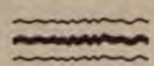


Dr. R. Krügener,

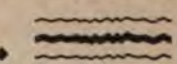


Frankfurt a. M.

Aelteste und renommirteste Specialfabrik für photographische



Hand-Cameras.

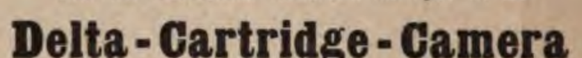


Unerreichte Auswahl in Cameras für Glasplatten, Folien und Tageslicht-Rollfilms.

Jedes Frühjahr und vor Weihnachten viele Neuheiten.



Eine der beliebtesten Neuheiten für 1901 ist die



Delta-Cartridge-Camera

Nr. 600 zu Mk. 85, für Films und Platten.



Delta-Cartridge Nr. 600.

Bei einer Bildgrösse von 8 × 10 sind die Dimensionen der Camera 20 × 11 × 4 cm. Die Form und Ausführung ist äusserst gefällig. Bei normaler Haltung giebt die Camera Queraufnahmen, die ja am meisten gemacht werden.

Das Vordertheil ist nach beiden Seiten verschiebbar.

Projektionsbilder-Bewahrer

in vielen **praktischen** Sorten

hält stets am Lager

Theodor Schröter,

Leipzig-Connewitz,

Friedrichstrasse No. 5—7.

Etui-u. Kartonnagen-Fabrik

für wissenschaftliche Zwecke.

Preislisten stehen gern zu Diensten.



